

# AULA D'ECOLOGIA

## CICLE DE CONFERÈNCIES 2013



Ajuntament  
de Barcelona



CREAF

**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona



# **AULA D'ECOLOGIA**



**ANNA ÀVILA I JAUME TERRADAS (EDS.)**

# **AULA D'ECOLOGIA**

## **CICLE DE CONFERÈNCIES 2013**

L'Aula d'Ecologia ha estat, una iniciativa de l'Ajuntament de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona, que ha tingut el suport, en la coordinació i secretaria, del Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF).

Des de la seva creació, l'Aula d'Ecologia ha organitzat un cicle de conferències anual. Aquestes conferències han estat publicades en 16 volums dins de la col·lecció Ciència i Tècnica editada pel Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona. Aquest és el primer volum que es publica únicament online.

#### **Director de l'Aula d'Ecologia**

Jaume Terradas i Serra, catedràtic emèrit d'Ecologia de la UAB

#### **Coordinadora de l'Aula d'Ecologia**

Anna Àvila i Castells, investigadora del CREAF

#### **Coordinadors per l'Ajuntament de Barcelona**

Teresa Garcerán Paloma i Fermí Vallvé Bach

#### **Preparació dels textos (resums de les ponències)**

Anna Àvila (CREAF), excepte les ponències de Jordi Romero, Josep Ma Riba Flinch i Carmen Baixeras que han estat redactades pels autors.

Diseño: Lucas Wainer

© fotografía portada: Anna Avila

ISBN:978-84-695-9653-1

Aquesta publicació no pot ser reproduïda, ni totalment ni parcialment, ni enregistrada en, o transmesa per, un sistema de recuperació d'informació, en cap forma ni per cap mitjà, sia fotomecànic, fotoquímic, electrònic, per fotocòpia o per qualsevol altre, sense el permís previ de l'editor.

# Index

---

- 9 - 14 Paisatge i hàbits alimentaris al Vallès del 1860 al 2010: de la integració a la desestructuració**  
Xavier Cussó
- 16 - 21 Boscos i canvi climàtic**  
Josep Maria Espelta
- 22 - 25 De l'ecologia a l'ecoturisme**  
Evarist March
- 26 - 37 Principals plagues a l'arbrat ornamental de Barcelona**  
Josep M Riba i Flinch
- 38 - 43 El Turó de la Rovira, paisatge patrimonial**  
Jordi Romero
- 44 - 51 Ha millorat la qualitat de l'aire a Barcelona en els darrers 10 anys?**  
Fulvio Amato
- 52 - 59 Serveis ambientals i l'economia verda**  
Erik Gómez-Baggethun
- 60 - 69 La contaminación radioactiva natural por radón**  
Carmen Baixeras





# Paisatge i hàbits alimentaris al Vallès del 1860 al 2010: de la integració a la desestructuració

**Xavier Cussó**

Professor del Departament d'Economia i Història Econòmica.  
Universitat Autònoma de Barcelona

El tema d'aquesta conferència reuneix els meus principals interessos de recerca: la història de l'alimentació (en particular, la transició nutricional), i l'economia ecològica, en concret l'estudi dels sistemes agraris catalans. Els meus estudis m'han portat a aprofundir en la connexió entre el paisatge, com a resultat dels sistemes agraris i la seva evolució al llarg del temps, i la dieta o hàbits alimentaris dels pobladors d'aquests paisatges.

Cal destacar que els temes alimentaris estan de permanent actualitat. Ara fa poc ha emergit l'escàndol de la carn de cavall a les hamburgueses, profusament tractat en tots els mitjans de comunicació. Tot i que sembla que no té gaire a veure amb el nostre tema, no deixa de ser un cas que resulta de la desconexió entre el que mengem i el lloc on es produeix, una desconexió que existeix avui en dia però que fa un segle era impensable. Llavors es menjava el que es produïa en l'entorn en una relació entorn – societat molt més intensa.

## Alguns conceptes bàsics

En la recerca que he desenvolupat cal definir dos conceptes bàsics: (1) transició nutricional i (2) metabolisme social.

Les comunitats humanes es relacionen amb l'entorn per poder satisfer les seves necessitats bàsiques d'aliments, combustibles, habitatge i materials per a diversos usos. Aquests materials i recursos són proporcionats per la natura i utilitzats per l'home. Extraïem de la natura energia i materials, els transformem, els utilitzem per satisfer les nostres necessitats i residus i calor. Tant l'apropiació de recursos energètics o materials, com la devolució de residus afecten al paisatge, que serà l'expressió d'aquesta relació entre els homes i la natura. El marc conceptual del metabolisme social contempla les societats humanes com a entitats que es relacionen constantment amb l'entorn per obtenir ma-

tèria i energia. Aquest enfocament té l'avantatge que supera la compartimentació tradicional entre ciències socials i naturals. Intenta integrar els conceptes procedents de les ciències naturals per a interpretar l'economia i l'activitat social.

Històricament es considera que han existit 3 estats metabòlics diferenciats. Aquests estats metabòlics es diferencien per les característiques de les fonts d'energia i materials i per la capacitat humana de dominar-les. Serien: 1) l'energia solar incontrolada, 2) l'energia solar controlada, i 3) l'energia fòssil controlada.

Les societats caçadores i recol·lectores no podien controlar la transformació de l'energia solar en aliments, i aprofitaven l'energia del sol (i els materials que en deriven) per satisfer les seves necessitats. Quan les societats van aprendre a controlar l'energia solar, les societats es van organitzar entorn dels sistemes agraris. Els sistemes agraris permeten captar l'energia solar i emmagatzemar-la en els conreus i la ramaderia domèstica, unes formes directament utilitzables per les comunitats humanes. Aquest constitueix el punt de partida de la xerrada d'avui quan presentem dades del Vallès al s. XIX. En el cas del control de l'energia fòssil, l'energia solar ha quedat en segon terme i disposem de

grans quantitats d'energia i materials que permeten satisfer un ventall molt més ampli de necessitats que anteriorment. En el pas d'un règim a un altre es situen les transicions socio-metabòliques.

Pel que fa als dos règims metabòlics que ens interessen, la transformació de l'energia solar en formes aprofitables a través de l'agricultura, la ramaderia i la gestió dels boscos conformava un paisatge de pastures, conreus, boscos en un mosaic de cobertes diferents. Els conreus proporcionaven directament aliments pel consum humà o pels animals, així com materials, combustibles (conreus arbustius) i també en part, fertilitzants. Els boscos proporcionaven combustible, aliment pels animals o pel consum humà. La ramaderia proporcionava força de treball, aliments i fertilitzants. Aquest règim es caracteritzava per la seva sostenibilitat, tot i que a vegades s'entrava en fases de mancances degut a una limitada disponibilitat d'energia i materials. Hi havia una descentralització del territori. El funcionament estava molt condicionat pel context ecològic i per la meteorologia, el que donava com a resultat un estancament econòmic a llarg termini o, com a màxim, un creixement molt moderat. La societat estava caracteritzada també per un estancament demogràfic i l'estancament dels nivells de vida.

Per contra, en el règim socio-metabòlic basat en l'energia fòssil existeixen noves possibilitats tècniques, materials, socials, econòmiques i es produeix una transició a nous estils de vida i funcionament de la societat. Es descobreix una abundant energia fòssil que possibilita la síntesi de materials d'origen orgànic i inorgànic. En aquest context, les societats es caracteritzen per la seva desvinculació del territori. L'energia i els materials necessaris es poden obtenir en qualsevol lloc del planeta. Hi ha una disponibilitat externa "il·limitada" a curt termini de matèria i energia les quals es poden concentrar a qualsevol indret. El resultat és un gran creixement econòmic i demogràfic, i un augment del nivell de vida material. Però a llarg termini s'ha de preveure un esgotament dels recursos i una acumulació de residus que fan insostenible aquest plantejament. L'altre concepte que convergeix amb el de metabolisme social és el de transició nutricional.

En els darrers 150 anys s'ha passat d'una dieta bàsicament vegetariana, estacional, localista, monòtona (pocs aliments constituïen el gruix de l'alimentació) i nutricionalment insuficient pel que fa a vitamines o minerals per la part més vulnerable de la població (els més pobres o els que tenen necessitats nutricionals superiors, els nens o dones embarassades) a

una dieta de base animal, molt més diversificada i nutritiva. En aquest procés no tot han estat millores: s'ha perdut gran part de la biodiversitat d'espècies de conreu, han desaparegut varietats locals interessants. La dieta ha perdut la seva estacionalitat ja que poden arribar productes des de qualsevol lloc del món, en qualsevol moment de l'any. La dieta s'ha globalitzat i deslocalitzat, i sovint no sabem on ni com es produeixen els aliments que consumim. La dieta ha esdevingut excessiva i desequilibrada per l'excés de sucres o greixos i per la manca de determinades vitamines o minerals, que es compensen amb suplementos artificials.

La transició entre aquests dos models socio-metabòlics es produeix a diferents velocitats i amb diferents cronologies. Al nostre país, la transició té lloc entre els segles XIX i XX. En el tercer món s'està produint actualment (s.XX i principi del XXI). El detonant de la transició és en un primer moment una pèrdua de la precària seguretat alimentària (no hi ha suficients aliments bàsics), que es restableix i es garanteix quan es passa a obtenir els productes gràcies a transformacions en els sistemes agraris i al desenvolupament de l'agroindústria. La combinació de diversos factors, com la modernització de l'agricultura i dels transports, els progressos científics en higiene i de

conservació dels aliments, el creixement demogràfic i la urbanització expliquen els canvis en les societats. No es pot parlar d'un model únic de transició sinó de diversos models condicionats pel context ecològic i els factors científico-tècnics, socials i culturals particulars (per exemple, la transició a Catalunya va ser diferent de la d'Islàndia, Gran Bretanya o Noruega).

### **La comarca del Vallès com a exemple**

En el s. XIX la població del Vallès vivia en un règim socio-metabòlic de control de l'energia solar que li permetia satisfer la major part de les seves limitades necessitats de combustibles, materials i aliments. Els sistemes agraris fornien el que el conjunt de la societat necessitava per funcionar. Els boscos i erms completaven l'alimentació humana i animal i la producció de materials. Les necessitats alimentàries determinaven el tipus de conreus, que s'organitzaven en conreus anuals (cereals, llegums i hortalisses) o conreus arbustius (vinya, olivera). Aquests darrers també proporcionaven combustible i part dels fertilitzants. Hi havia una escassa ramaderia que proporcionava força de treball i aliment. Els boscos estaven sovint sobreexplotats.

L'alimentació d'aquesta població era molt vinculada als sistemes agraris i,

per tant, era essencialment vegetariàna basada en els cereals, el vi i l'oli. El consum per càpita al Vallès superava 500 g diaris de pa o farinetes. El consum de cereal d'un adult podia arribar a 750 g. Això implica que el 50% de l'energia, proteïnes i nutrients consumits provenien dels cereals. El raïm, les olives i oli completaven la dieta. Els adults consumien abundant vi. La dieta es complementava amb llegums, verdures i fruites de la estació. A finals del s.XVIII s'hi incorporaren aliments d'origen americà, com les patates, tomàquet, pebrot i blat de moro. Els productes animals tenien un paper marginal, tot i que una part de la població rural feia la matança del porc amb el qual es proveïa de productes animals per tot l'any. L'alimentació amb llet, ous, xai i peix salat era esporàdica. La major part del que es consumia era produït per l'entorn proper on vivien els habitants. Tot i això, alguns productes venien de més lluny (arròs, sucre, cafè, cacau o en alguns casos, el peix salat). Aquests productes s'havien d'obtenir a canvi d'un excedent en la producció dels sistemes agraris. En el cas del Vallès, aquest excedent el generaven la vinya i el vi. El paisatge de l'època era un mosaic de conreus, boscos i zones ermes menys fèrtils, que es vinculava amb el tipus d'alimentació de la població. També s'ha de tenir en compte que les pautes temporals i els horaris ve-

nien determinats per l'estacionalitat de les feines del camp. Així doncs, veiem que hi havia una plena integració entre la dieta i el sistema i l'organització socials. En aquesta època es podria considerar que hi havia sobirania alimentària, en el sentit que les comunitats eren capaces d'organitzar i decidir el que produïen, tot i que això no garantia la seguretat alimentària, que estava en mans de la climatologia i cicles estacionals.

Aquesta situació es va començar a trencar a finals del s.XIX. El creixement de la població, la fil·loxera a França, les transformacions en el transport, el procés d'organització portaren a una especialització productiva. L'exemple més clar el tenim en el sector vitivinícola. L'especialització en la vinya permetia augmentar els excedents per al comerç però, a més, proporcionava recursos addicionals (fertilització, aliment pel bestiar) i, per tant, la vinya va anar substituint els boscos, erms i altres conreus. Això va alterar progressivament el paisatge. L'augment de la població féu més important la dependència respecte de l'exterior. Gràcies a la millora del transport (és l'època en que es desenvolupa la xarxa del ferrocarril) es va aconseguir estabilitzar la distribució d'aliments (cereals, patates), amb la qual cosa es garantia la seguretat alimentària.

La densitat poblacional en els municipis vallesans augmentà de forma espectacular entre el 1700 i el 2000. El creixement de la població va fer augmentar el sòl agrícola, però en un moment determinat, això s'estancà en no disposar de més terres adequades. Aquestes transformacions continuaren i s'accentuaren durant el s.XX amb el desenvolupament de l'agroindústria moderna, la modernització del transport i la millor conservació dels aliments. Aquestes innovacions provocaren grans canvis en els sistemes agraris. Els sistemes agraris tradicionals es desintegraren completament ja que els conreus ja no necessitaven dels fertilitzants que habitualment usaven; la ramaderia ja no necessitava els farratges que usava, els boscos ja no fornien els recursos bàsics per la ramaderia o per proporcionar combustible com fins aleshores. Es va perdre la relació entre els diferents components dels sistemes agraris. Això donà lloc a una reducció de les àrees de conreu. Els pocs conreus que quedaren es destinaren a l'alimentació animal. Augmentà la cabana ramadera ja que no tenia limitacions per manca d'aliment en poder importar pinsos. Això, al seu torn, va generar un problema d'excedent de residus i greus problemes de contaminació en el territori.

Al segle XX, les necessitats de la població respecte tot tipus de produc-

tes, i les de la gran cabana ramadera es satisfan externament. I en aquesta pauta, l'alimentació no és una excepció: els aliments procedeixen d'arreu del planeta; ja no formen part dels sistemes tradicionals. Es perd la vinculació entre el paisatge i l'alimentació que ingereix la població. En aquest context podem dir que s'assoleix la seguretat alimentària (àmplia disponibilitat d'aliments) però no la sobirania alimentària. L'alimentació ja no està en mans de les comunitats sinó que depèn de grans productors d'aliments amb uns mecanismes globals

El paisatge es pot considerar degradat, gran part de les terres són ara ocupades per polígons industrials i construccions que fragmenten el paisatge. Els boscos queden descuidats i exposats als incendis. Els conreus han disminuït molt mentre que la ramaderia ha augmentat espectacularment. L'alimentació és de tipus globalitzat amb gran protagonisme de productes d'origen animal. A diferència d'altres èpoques, els aliments

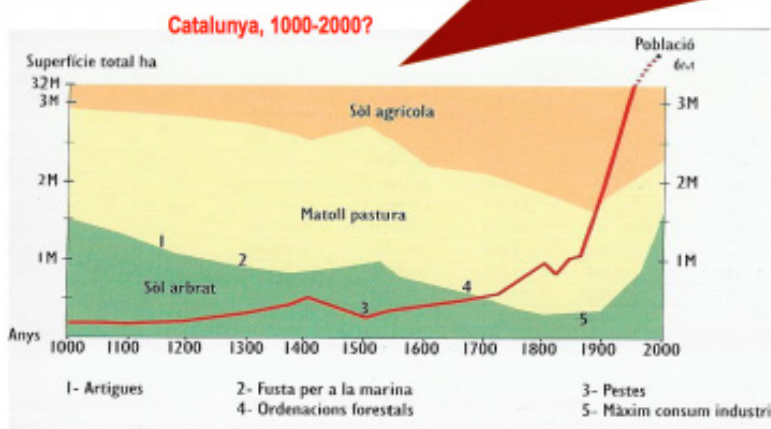
vénen elaborats i processats, cosa que augmenta els residus.

Per concloure, ressaltar que hem passat d'una integració de paisatge i alimentació basats en un tipus de règim socio-metabòlic solar a un règim basat en l'energia fòssil. Què pot passar en els anys a venir?

Es pot preveure que hi haurà un increment demogràfic, una potenciació de l'agroindústria i el creixement dels conreus OGM. D'altra banda, també s'ha de pensar en un increment de la conscienciació de la població que exigirà més sostenibilitat i sobirania alimentària. Actualment ja destaquen els temes relacionats amb la valoració de l'agricultura ecològica, el consum de km zero, el consum de temporada, el consum de varietats autòctones, i els intents per reintegrar els sistemes agraris recuperant els recursos forestals i la ramaderia per tancar el cicle d'aprofitament dels residus dels conreus. En aquest procés, obtindrem un paisatge més integrat.

## Població i usos del sòl a Catalunya.

La integració entre cultius i ramaderia va permetre intensificar fins cert punt els usos agrícoles i pecuaris del sòl. Però més enllà d'aquest, l'augment de la densitat de població i l'extracció de biomassa provocava desforestació, sobrepastura i pèrdua de fertilitat del sòl.



## Boscós i canvi climàtic

**Josep Maria Espelta**

Investigador del CREAM

El canvi climàtic i la pèrdua d'hàbitat són dos de les majors amenaces per a la persistència dels sistemes naturals. En aquest context, els boscos tenen una importància primordial en la lluita per mitigar el canvi climàtic.

A hores d'ara, les evidències de l'escalfament del planeta són innumbrables. El panell internacional pel canvi climàtic (IPCC) les ha anat recollint i publicant en els seus informes. Segons el darrer informe de l'IPCC de l'any 2007, la temperatura del planeta s'ha incrementat en 0.8 °C al llarg del darrer segle. Les prediccions indiquen que a finals del segle XXI hi haurà un augment de la temperatura del planeta situat entre els 2 i 4°C, segons sigui el tipus d'actuació (més o menys restrictiva respecte de les emissions de gasos d'efecte hivernacle com el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) el metà(CH<sub>4</sub>) o l'òxid nitrós(N<sub>2</sub>O). A més, la desforestació agreuja l'escalfament ja que els boscos alleugen l'acumulació de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera en capturar-lo en la fotosíntesi i acumular-lo en la matèria orgànica; així, la desforestació redueix la capacitat de retenir gasos d'efecte hivernacle en la biomassa viva o morta. Diferents models climàtics permeten simular i preveure els canvis del clima en el futur, tant per la temperatura com per la precipitació. Per a la conca Mediterrània, aquests models pronostiquen una disminució de la precipitació. De fet, en el segle XX ja s'ha detectat un augment de l'aridesa, provocada per l'augment de la temperatura i la reducció de la precipitació, sobretot a l'estiu.

A Catalunya, un conjunt d'experts ha redactat recentment el Segon Informe del Canvi Climàtic a Catalunya on es recullen moltes proves del canvi climàtic a la regió i les seves conseqüències. Dades de dos observatoris amb sèries temporals de prop de 100 anys (Observatori Fabra i Observatori de Roquetes) permeten observar les tendències climàtiques de Catalunya al llarg del segle XX. Aquestes dades indiquen un augment significatiu de la temperatura. De cara al futur, models de pronòstic del canvi climàtic adaptats a l'escala de Catalunya mostren que l'estiu serà l'estació de l'any més crítica, amb un fort augment de la temperatura i una important disminució de la precipitació.



Quin és el paper dels boscos enfront d'aquest canvi climàtic? Com sabem bé, els boscos són essencials en el cicle del carboni. Els boscos regulen la composició atmosfèrica capturant CO<sub>2</sub> i altres gasos i també influeixen en el cicle hidrològic. A l'escala del planeta, els boscos conformen el 30% de la biota terrestre emmagatzemant el 50% del carboni terrestre. Els boscos capturen el 30% del carboni que alliberem, i proveeixen un gran nombre de serveis ecosistèmics.

Els boscos de Catalunya, com molts altres boscos del món, emmagatzemen gran quantitat de carboni. Estudis de Carles Gracia i altres membres del seu equip han posat de manifest que on n'hi ha més carboni acumulat en boscos és als territoris del nord de Catalunya, una zona de pluviometria més favorable.

No obstant, hem de tenir en compte que la fixació de carboni per part de la vegetació comporta altres despeses que poden suposar una limitació al creixement, com és la disponibilitat d'aigua. En aquest sentit, cal recordar que en un clima mediterrani com el nostre, la fixació de 1g de carboni equival a una despesa de 500g d'aigua. Aquesta necessitat d'aigua per part de la vegetació fa que a les darreres dècades es comencin a constatar processos de decaïment i mortalitat d'arbres arreu del món,

fenomen que és especialment acusat en l'àrea mediterrània, principalment a les zones perifèriques de les grans zones forestals. Els investigadors han conclòs que el canvi climàtic hi té una gran part de responsabilitat.

## **Com afecta el canvi climàtic als boscos?**

S'han observat canvis en la durada de l'estació vegetativa dels boscos deguts a canvis en el clima, tendència que molt probablement s'agreujarà en el futur: els models de simulació emprats indiquen que a finals del segle XXI hi haurà una forta reducció del creixement dels boscos degut a una limitació per l'aigua. Al recent l'informe del Canvi Climàtic a Catalunya, el Dr. Josep Peñuelas i el seu equip resumien les diferents alternatives que tenen els boscos per afrontar aquest canvi climàtic i les seves conseqüències de menor disponibilitat hídrica: 1) aclimatació a les noves condicions mercès a una fugida en el temps (canvis en la fenologia), 2) adaptació genètica, i 3) fugida en l'espai, manifestada en canvis en la seva àrea de distribució. Si s'esgoten aquestes alternatives, no hi ha possibilitat de supervivència. Per tant, cal esperar una desaparició d'algunes espècies i d'algunes àrees boscoses en funció de la severitat del canvi, un cop es van esgotant les alternatives.

Per estudiar la potencial finestra en la que els boscos de Catalunya podrien fer front al canvi de clima varem estudiar uns boscos mixtos de roure martinenc i alzina. Ambdues espècies poden fer creixements de tardor-hivern, tant pel que fa a l'elongació de les branques apicals com pel creixement diametral del tronc. Varem veure que, si hi havia un eixut important a la primavera, freqüentment hi havia un creixement més important a la tardor, fenomen que correspondria a la primera de les alternatives esmentades que implica canvis temporals, en aquest cas, el desplaçament dels creixements cap a la tardor. En aquest mateix sentit, cal recordar que a Europa s'observa des de fa uns anys un augment del nombre de dies en que els arbres estan actius, és a dir, un augment de l'estació vegetativa. A Catalunya també s'ha detectat l'allargament de l'estació vegetativa amb un avançament de la brotada i un endarreriment de la caiguda de la fulla. No obstant, degut a la limitació de la nostra vegetació per la disponibilitat d'aigua, aquest allargament de l'estació vegetativa pot veure's compromès. De fet, els models de canvi climàtic mostren una reducció de l'època favorable al creixement de la vegetació degut a la manca d'aigua.

No obstant, en els nostres estudis sobre l'alzina i roure no hem constatat un avançament del inici de la floració

tot i que sí hem vist que la floració és més sobtada i intensa. Quan s'arriba als graus/dia necessaris per iniciar la floració, de sobte aquesta es produeix i el pol·len d'alzina i roure s'allibera més concentradament en el temps. També hem observat canvis en el pi blanc, que afecten a l'alliberament dels pinyons. El pi blanc té pinyes serotines, és a dir, les seves pinyes poden romandre en l'arbre durant molts anys i es van obrint gradualment. Els nostres estudis mostren que en els pins de zones que han patit sequera les pinyes s'obren sobtadament. Hem conclòs que els episodis de sequera fan alliberar els pinyons més sobtadament. En cas que les pinedes patissin un incendi, això faria que es perdessin gran part dels pinyons, que en haver estat alliberats prematurament estarien al terra i serien destruïts pel foc. Per tant, aquest canvi en la serotinia lligat a la disponibilitat d'aigua pot comprometre seriosament la regeneració de les pinedes després d'un incendi.

Altres exemples dels efectes del canvi climàtic mostren com aquest pot desacoblar algunes interaccions entre animals o entre animals i plantes. Un exemple ben conegut és el de l'ajustament entre les poblacions de mallerenga carbonera i la disponibilitat del seu principal aliment (erugues de papallones). En temps previs als canvis de temperatura, la

disponibilitat d'erugues arribava al seu màxim sincronitzadament amb el moment en que els pollets de mallerenga naixien. Però cap a l'any 2000 s'observa un avançament de presència d'erugues que fa que la seva abundància quedi desfasada respecte del moment de naixement de les mallerengues. Aquests és un exemple paradigmàtic, però s'ha vist que el canvi climàtic pot provocar desajustos en la sincronia de molts altres processos ecològics.

Seguint l'argumentació proposada anteriorment, si els mecanismes d'aclimatació no són efectius es produeixen processos de decaïment com el que s'ha produït en molts boscos de la mediterrània en els que s'ha observat un augment de la defoliació de moltes espècies forestals, degut a la manca d'aigua. La defoliació té com a conseqüència una disminució de la producció dels boscos, que a la llarga poden presentar símptomes de decaïment.

Si els efectes persisteixen en el temps, o en casos de grans sequeres sobtades, ja es produeix la mort de molts dels arbres. En les sequeres recents (p. e., anys 2005 i 2008) s'ha observat la mort de rodals de boscos. Sense anar més lluny, aquest darrer estiu de 2012 la sequera fou tan important al centre-nord de Catalunya que es van arribar a assecar

rodals de boscos a la Garrotxa, una zona típicament molt humida. En alguns casos hi ha un efecte combinat de la sequera amb l'efecte de perturbacions anteriors. Per exemple, després del incendi de Gualba del 1994, els faigs i les alzines de la zona van rebrotar vigorosament i en un percentatge semblant (un 80-100%), però la sequera de l'any 1998 afectà molt més al faig que a l'alzina.

La migració pot representar una alternativa a les condicions desfavorables imposades pel canvi climàtic. Es coneix bé que el increment d'un grau de temperatura representa desplaçament en altitud de 150 m, desplaçament que és relativament assolible en temps curts, però el mateix increment de temperatura representa un desplaçament en latitud de 150 km, el que representa 300 anys ininterromputs de migració, una fita molt més difícil d'aconseguir, per no dir impossible tenint en compte la gran fragmentació del territori en l'actualitat. A més, cal ressaltar també que la migració té un límit. Òbviament la migració en altitud té un límit, que es el cim, però la migració en latitud també està limitada.

Els estudis de migració de boscos a Europa obtenen resultats diferents en diferents situacions i localitats. En l'avet s'observa una tendència a trobar més juvenils a més alçada de la

que ara hi ha els adults, el que portaria a un desplaçament en altitud de la població, però en altres espècies (com el pi roig o el faig) observem el fenomen contrari. En altres espècies (com l'alzina, la blada o el roure de fulla gran) no hi ha diferències.

El canvi climàtic en boscos pot afectar també els organismes que interactuen amb la vegetació (herbívors o granívors) i els seus depredadors. Per exemple, s'ha vist un augment de la plaga d'un escarabat escolítid que usa com a hoste el pi ponderosa del Estats Units. Fruit de l'augment de temperatura hi ha plagues cada cop més virulentes que produeixen una major mortalitat del pi.

Nosaltres hem estudiat un curculiònid (*Curculio elephas*) que s'alimenta d'agllans de roures i alzines, cosa que té interès en la regeneració d'aquests boscos, però a més, també té interès perquè aquests insectes són una plaga important dels avellaners i castanyers. L'emergència dels adults està molt condicionada per la precipitació dels mesos anteriors de manera que quan es produeix un gran eixut trobem menys curculiònids, i per tant, disminueix la pressió de depredació de gllans. En aquest cas la sequera protegeix el bosc contra la plaga però els metanàlisis publicats indiquen que, en general, l'estrès hídric en boscos produeix un

augment de les plagues. No només la manca d'aigua té un efecte, en debilitar l'hoste i així facilitar l'expansió de les plagues, sinó que els estudis realitzats indiquen que el canvi climàtic afectarà a tota la xarxa tròfica que depèn de les plantes. A la zona mediterrània es prediu un efecte molt negatiu en boscos i les plagues es podran propagar amb més facilitat.

## **Boscos, canvi climàtic i incendis**

Estudis recents han mostrat un augment del risc d'incendis al llarg del segle XX, un augment que s'ha relacionat amb el canvi climàtic degut a la relació existent entre la proporció d'àrea cremada i la quantitat de pluja que rep la regió. Cal destacar també aquí un fenomen que s'ha detectat recentment: la desestacionalització dels incendis. Per exemple, l'any 2012 apareixen dies d'alt risc d'incendi a la primavera o al hivern, a més dels típics dies d'alt risc a l'estiu. Això representa un problema important per a la gestió dels focs ja que s'han d'ampliar les èpoques de vigilància dels focs.

## **És més important el canvi climàtic o el dels usos del sòl?**

Analitzant les dades meteorològiques de l'observatori Fabra hem constatat un augment de la temperatura i de l'estrès hídric. Això es tradu-

eix en canvis, com per exemple, els esmentats respecte de la durada de l'època de pol·linització. S'han vist també canvis en la fauna. Basant-nos en dades de Francesc Llimona de seguiment de rapinyaires en 25 anys s'observa un avançament de 3 dies en l'arribada migratòria estival dels rapinyaires. També s'ha detectat una disminució pronunciada de l'abelle-rol entre els anys 1990 i 2010, tot i que altres espècies, com la mallerenga blava augmenten. Com pot ser que disminueixin espècies típiques de brolles i vegetació mediterrània? Per respondre això cal tenir en compte que al nostre entorn, a més del canvi climàtic s'han produït canvis molt significatius en la coberta forestal. A Collserola mateix, antigues zones de conreu s'han convertit en boscos i, a més, els boscos han patit una densificació. Joan Pino i Paloma Vicente han fet un estudi encarregat pel Parc de Collserola on s'ha vist l'espectacular increment de masses denses de bosc dins del Parc. Per interpretar alguns dels canvis de la comunitat d'ocells hem de tenir en compte que també hi juga un paper molt important el canvi en usos del sòl, en concret, la pèrdua d'espais agrícoles.

Ens podem preguntar, fins a quin punt els efectes que observem del canvi climàtic es poden deslligar dels canvis concomitants en els usos del sòl. Té el mateix efecte una se-

quera en boscos altament densos o en boscos més aclarits? Aquest és un tema que s'ha treballat poc i en el que caldria aprofundir. En treballs nostres anteriors varem veure que segons la forma de l'arbre trobàvem diferències en la seva supervivència: per a un mateix diàmetre normal, en els arbres de rebrot nascuts d'una mateixa soca observàvem una menor mortalitat que en arbres nascuts de llavor, amb un únic tronc. Per tant, hi ha un efecte de l'estructura del bosc en la resposta dels boscos al canvi climàtic. Fins a quin punt la gestió forestal pot ajudar a mitigar els efectes del canvi climàtic en els boscos? Els boscos sovint tenen una densitat excessiva, que els reporta una limitació d'aigua important que afavoreix la mortalitat i els incendis. Així, cal pensar en la conveniència de la gestió forestal per conservar millor el bosc. No obstant, els nostres treballs han mostrat que, amb la intensitat i freqüència actuals de les aclarides, els seus efectes són làbils i desapareixen al cap de pocs anys, de manera que la gestió forestal que es duu a terme actualment, tot i ser indicada té uns efectes transitoris i a molt curt termini. Caldrà doncs dissenyar noves estratègies de gestió forestal especialment pensades per fer els nostres boscos més resistents i adaptables al canvi climàtic.

## De l'ecologia a l'ecoturisme

**Evarist March**

Naturalwalks

Jo sóc actualment guia de natura. Procedent de l'àmbit de l'ecologia aplicada, recentment he virat cap a una activitat més social i comunicativa, l'ecoturisme. Part del que segueix es centrarà en el meu treball actual que gira entorn del guiatge de visitants interessats en la natura pel nostre territori.

Generalment, en parlar de turisme pensem en tipus d'activitats relacionades amb la gastronomia, l'enologia, les tradicions culturals, les fires, les trobades d'art i arquitectura o el típic turisme de sol i platja. Però també hi ha un gran calaix de sastre on hi entren aspectes i temes molt diferents als esmentats. En l'anterior llistat d'activitats no es té en compte el paisatge, el territori que conforma la base sobre la que es desenvolupen les activitats. Quan parlem d'ecoturisme ens preguntem sobre com s'implica el paisatge en la visita turística, i com s'incorporen els recursos naturals al producte que s'ofereix. Segons el Diccionario de la Lengua Española (malauradament no he trobat una definició en els diccionaris consultats en català) la paraula "*ecoturismo*" es defineix com a "*turismo con el que se pretende hacer compatibles el disfrute de la naturaleza con el equilibrio del medio ambiente*". Veiem doncs que hi ha uns elements fonamentals que cal tenir en compte: el turisme no és només una activitat d'anar a visitar coses sinó que intenta compatibilitzar el gaudi de l'entorn amb el respecte al mateix. Ecoturisme vindria d'*eco* que en grec significa casa i es podria considerar com l'espai, la casa on hi fem turisme, on anem a gaudir i a esplaïar-nos. Per a mi, l'ecoturisme consisteix en un lligam de diferents serveis o de mirades a un bé que és esplaïar-se i conèixer la natura. Des del punt de vista de l'empresari, quan es comencen a crear productes ecoturístics sorgeix la qüestió de com convertir el territori en productes ecoturístics de qualitat. Cal reconèixer els recursos naturals sobre els que treballarem. En un entorn determinat, que serà l'objecte de la visita ecoturística, hem de d'identificar els recursos botànics, faunístics, o paisatgístics que ens interessarà destacar en les visites. En aquest aspecte, cal tenir en compte que hi ha gent del territori que no reconeix aquests valors del territori que els visitants valoraran. Acostumem a valorar allò que no

tenim, i així es dona la circumstància que molta gent de certs entorns no valora allò que a la gent de la ciutat li causa més interès. Segons la meua opinió, la base de la tasca ecoturística és saber interpretar els valors del territori, reconèixer-los i incorporar-los per tal que la visita sigui diferencial i atractiva a un públic divers. Així doncs, s'ha de pensar què volem fer i a quin públic va dirigit. Hem de pensar en la gent que està interessada en el producte turístic i què està disposada a pagar pel producte.

Un cop hem determinat el qui, hem de plantejar-nos el com: com ho venem, quines vies utilitzem per arribar al públic, quina visió de futur tenim? Com quedarà al territori després d'engegar les activitats turístiques? No només anem a guiar els visitants per uns recorreguts sinó que també hem de tenir en compte en planificar aquesta acció quin compromís tenim amb el territori i quines conseqüències són previsible de la nostra acció. També ens podem preguntar per a què serveix l'ecoturisme. Una de les feines bàsiques del guiatge és la interpretació del territori. No és donar informació sense més ni més, sinó que s'ha de fer visible allò que el turista o el visitant interessat no veu per ell mateix. La majoria de gent de ciutat no està adaptada a veure el que hi ha a la natura. La tasca del guia és posar nom i interpretar els diferents

elements del paisatge en les seves relacions amb l'ambient, tot creant interès per allò que està mostrant.

Així, les activitats turístiques fomenten el coneixement i creen consciència ecològica. Des de l'observació d'una planta atraïem l'atenció de les persones sobre uns continguts científics i també populars, destacant l'ús tradicional dels elements en qüestió per part de la gent del territori. Per a molta gent l'ecoturisme és la cara visible del territori. Pels visitants que venen a Catalunya, l'ecoturisme pot ser la cara visible que s'emportaran en tornar al seu país. L'ecoturisme vincula serveis. Per exemple, en fer el camí de Sant Jaume es gaudeix del camí, es tasta la gastronomia local, es visiten llocs emblemàtics...etc. La base de qualsevol turisme és l'experiència, una paraula que s'ha fet servir tant que potser s'ha desvirtuat, però que implica un contacte genuí amb el territori. L'ecoturisme no funcionaria si no hi hagués una base de conservació de la natura. Així doncs, l'ecoturisme cuida el territori i fomenta la seva qualitat. En línia amb aquest plantejament ens preocupem per on posarem el centre d'interpretació, com s'hi accedirà, quanta gent hi arribarà? Quins elements es podran tocar, amb què s'interactuarà? Els que ens ocupem de l'ecoturisme vivim dels ocells, les plantes, el paisatge, i altres elements de la natura que els visitants venen

a veure. Per tant, la conservació de la natura és fonamental. Així mateix, en molts països els ciutadans i els visitants s'involucren en les tasques de prevenció i conservació de la natura. L'ecoturisme promou i fa ús de les eines de coneixement i gestió del territori. Els que fan ecoturisme fan xarxa entorn del medi natural; un exemple clar n'és la xarxa de custòdia del territori. Actualment, les empreses de natura estan desenvolupant estratègies de reconeixement i de certificació dels seus serveis, i s'ha demanat a les administracions corresponents que instaurin una carta europea de turisme sostenible. Ara que el turisme de platja està deixant de ser un gran negoci, s'espera un increment del turisme a la natura.

Quins recursos del territori es poden utilitzar? Hi ha molts recursos naturals atractius, molts d'ells basats en la fauna: l'observació d'ornitofauna mou una quantitat ingent de persones i recursos en tot el món, així com l'observació de mamífers (per exemple, l'ós bru dels Pirineus o de Cantàbria, el linx de Doñana, els cetacis al Maresme o al Cap de Creus). Entre altres grups d'animals també té molta requesta l'observació d'amfibis, o de papallones. En aquest darrer cas, els amants de papallones del Regne Unit venen als Pirineus a observar les papallones d'aquests indrets que no poden trobar a casa seva.

Un altre recurs és l'observació de la flora. Hi ha gent interessada en venir a veure endemismes molt rars, o altres plantes que són rares als seus països d'origen i que aquí són abundants (per exemple l'orella d'os, *Ramonda myconi*). També s'organitzen visites en moments puntuals en el moment de la floració (per exemple, els cirerers del Jerte, o la floració d'ericàcies, o, en un altre continent, el molt espectacular "desierto florido" a Xile). La vegetació és un recurs que conforma el paisatge. Hi ha qui s'interessa per determinats paisatges en una visió més global; per exemple, Les Agudes, observades des del pic de Matagalls mirant cap a Santa Fe, mostren sovint l'avetosa i la fageda immerses en la boira, i això ens permet interpretar la presència de la fageda i de l'avetosa en una situació tan meridional i propera del mar. L'arribada aire humit amb les marinades proporciona unes condicions de temperatura i humitat favorables pel creixement d'aquestes espècies que altrament no s'hi podrien trobar.

També, per interpretar la vegetació actual podem preguntar-nos per la relació entre els habitants del terreny i el paisatge, ja que el paisatge actual ha estat modelat per generacions i generacions de persones que hi han actuat i l'han conformat. El món dels fongs i dels líquens no desperta un interès tant general però també hi trobem gent interessada,



així com també hi ha visitants interessats per la geologia (per exemple, la de les muntanyes de Montserrat o del Cap de Creus). Hi ha grups d'estrangers que venen només per veure la diversitat de formes geològiques i de minerals existent al nostre país. Fins ara hem parlat de recursos tangibles, però recentment la UNESCO ha reconegut els recursos intangibles com a elements molt importants del patrimoni. Hi ha llocs que tenen un valor sentimental i històric que no es pot mesurar. Al nostre país, un exemple molt notori podria ser el Pi de les Tres Branques, un símbol de l'independentisme català, i que representa les 3 regions dels països catalans. Un altre aspecte que destaca l'ecoturisme és la relació de la gent del territori amb els recursos de l'entorn. Per exemple, a les rieres del Maresme i del Cap de Creus s'hi trobava molt abundantment l'aloc (*Vitex agnus-casti*), un arbret avui pràcticament desaparegut degut a les actuacions de neteja i canalització de les rieres. Aquesta planta està adaptada a les rierades i es vincla sense trencar-se, característica que l'ha fet molt apropiada per fer cistelleria, nanses...etc. En fitoteràpia és una de les plantes més utilitzades com a regulador menstrual i calmant. Essent una planta típica de la nostra costa, es dona la circumstància que l'he vist en farmàcies d'Europa central però no n'he trobat a les de casa nostra.

Actualment, una de les activitats que més demanda genera té a veure amb les activitats agrícoles tradicionals, especialment la cultura de la vinya i la producció del vi. Per exemple, molts americans venen a visitar les bodegues del nostre país, però no només els interessa l'enologia, sinó que també volen participar de les tasques agrícoles: volen recollir el raïm i seguir el procés típic de la bodega. O en la pesca, els turistes volen navegar en les barques de pesca amb els pescadors autòctons. Altres activitats com la transhumància, també tenen bona demanda. Les granges-escola tradicionalment han captat la clientela familiar. En aquest cas, els nens són els principals clients del servei i determinen els tipus d'activitats que s'hi oferiran.

### **Quina relació hi ha entre l'ecoturisme i l'ecologia?**

La ciència ha de ser un dipòsit de coneixement que atregui, que faci interessant la visita, que desperti interès per l'entorn. Com a exemple, és paradigmàtica l'organització de les visites ecoturístiques a determinats parcs naturals de Costa Rica, que s'estructuren sobre la base de profunds coneixements en botànica, fauna, i en la relació dels organismes amb el seu medi, és a dir l'ecologia. Tot això conforma uns desplegaments turístics plens d'interès científic i cultural i de respecte per l'entorn.

# Principals plagues a l'arbrat ornamental de Barcelona

**Josep M Riba i Flinch**

doctor biòleg-entomòleg, especialista en fitopatologia

Molt sovint, les patologies que pateix la vegetació ornamental no es deuen a la casuística i a la mala sort. En un elevat percentatge, l'adopció d'una gestió inadequada i la pràctica d'activitats incorrectes, bé des d'un principi, com al llarg del temps, són la causa i l'inici del problema. Llavors, tant la vegetació arbrada, com l'arbustiva, palmeres, gespes i planta de flor pateixen les anomenades patologies d'origen abiòtic i s'obren les portes als atacs de malalties i plagues, que en el pitjor dels casos acaben amb la mort de l'exemplar.

## Per que apareixen aquestes patologies en els espais verds?

Cal tenir en compte l'existència de 3 tipus de factors que possibiliten i condicionen la presència i l'actuació dels diferents agents nocius:

### *Factors de predisposició:*

Són aquells que no tenen en compte la capacitat de la vegetació per a romandre en equilibri amb l'entorn. Considerant el cas dels espais verds, i més especialment dels espais públics (vegetació de carrer, parcs i jardins), la vegetació arbrada i arbustiva ornamentals es troba, en la gran majoria de les ocasions, amb un ambient antròpic no massa propici i adequat per a la mateixa, supeditada a l'urbanisme de la zona en la que s'ubica. És a dir, en un ambient urbà "massa sovint massa estressant"

Així, per exemple, el desenvolupament biològic i fisiològic normal de la planta es troba amb situacions molt desfavorables:

- preferències per escollir plantes exòtiques, en comptes de les autòctones o de zones bioclimàtiques semblants
- variables climàtiques extremes, amb períodes massa secs i calorosos (especialment durant l'estiu) per vegetació de latituds més elevades [coníferes i planifolis eurosiberians] i períodes massa humits i freds (durant l'hivern) per vege-

tació de latituds més baixes [palmeres i vegetació tropical o subtropical]

- vegetació rodejada de pavimentació i/o asfalt, i escocells de mides massa reduïdes que difícilment permeten un correcte repartiment de l'aigua a les arrels i impedeixen l'intercanvi de gasos que aquestes necessiten

- si no existeix aquesta pavimentació, la vegetació es troba pobrament airejada i excessivament compactada (per exemple, per la circulació de vehicles i d'urbanites)

- terrenys i ambients constantment contaminats per substàncies fitotòxiques, dipositades abans, durant i després de la plantació (restes, abocaments i/o fuites de quitrans, ciments, guixos, olis, plàstics cremats, gas, clavegueram, etc.)

- baixos o nuls regs i aportacions de substàncies minerals necessàries, a diferència de les aportacions d'adobs amb proporcions N:P:K equilibrades i amb microelements essencials que es requeririen

- o bé tot el contrari, sòls negats d'aigua i/o regs i adobats excessius

Tots aquests factors fan que la vegetació d'aquests espais, tan importants per a l'embelliment del nostre entorn (jardí, casa, propietat, parc, carrer, avinguda, ciutat, etc.), i la salut mental i física de les persones, sobrevisqui en condicions particularment difícils. Per això, se li ha de concedir una atenció sanitària particular i intensiva.

### *Factors desencadenants:*

Són aquells que afavoreixen de forma directa l'acció dels agents nocius (biòtics i abiòtics) sobre les plantes:

- operacions de poda mal fetes, dràstiques i/o massa freqüents, les quals propicien l'entrada d'insectes, fongs i altres patògens en les ferides acabades de fer-se

- ferides i danys en els sistemes radiculars (obres, pavimentació, rases, trànsit, etc.)

- innumbrables actes de vandalisme
- canvis radicals de l'entorn del sistema radicular de l'arbre, especialment si aquest és un arbre madur o vell (quants xiprers, alzines i roures centenaris se'ls ha "vestit any rera any" la zona del coll amb gespes i flors de temporada, acompanyat de reg per aspersió i gota a gota?)

- utilització d'espècies vegetals en zones geogràfiques que presenten ja uns nivells elevats per patologies concretes (per exemple, plantació d'oms en espais on els oms dels voltants estan patint forts atacs de grafiosi)

### *Factors Executors:*

Es consideren aquí els agents nocius pròpiament dits, responsables directes del perjudici que s'observa sobre la planta: animals nocius (plagues d'insectes i àcars), malalties (fongs, bacteris, virus, fitoplasmes), agents abiòtics (climatologia adversa) i acció antròpica ("nosaltres").

Totes aquestes situacions provoquen sobre la planta un estrès fisiològic determinat, el qual, en la majoria dels casos, és aprofitat per l'entrada i proliferació dels agents patògens, com les plagues i malalties. La gravetat del mal variarà en funció de l'estat de la planta i de la part afectada, així com de l'espècie del patògen, l'època que té lloc l'atac i la durada del mateix. Així, pot fluctuar des del debilitament, la pèrdua parcial del ritme del creixement i la defoliació parcial del vegetal, fins la mort de parts o de la totalitat de l'exemplar.

Ara bé, cal fer 3 observacions:

1) l'acció d'un agent normalment no és aïllada, ja que els resultats que s'aprecien són conseqüència de l'acumulació de factors que propicien la seva actuació, i els resultats de la qual són els que es detecten. Així doncs, per a resoldre el problema a fons caldrà esbrinar quina ha estat la causa primera que ha originat l'aparició de l'agent final. És el cas, per exemple, dels danys per baixes temperatures que poden sofrir espècies no adaptades a les condicions de l'ambient on se'l fa viure: l'origen del perjudici està en la selecció d'espècies sense considerar tal condicionament climàtic.

2) cal saber diferenciar entre el que és normal en el cicle vegetatiu de la planta i allò que no ho és. Per exem-

ple, els pins, les alzines i suros pateixen una defoliació natural a la primavera-estiu, i que no cal confondre amb un dany produït per atacs de pugons, caparretes, àcars i/o fongs.

3) les espècies vegetals, com tots els éssers vius, tenen una longevitat determinada: al final de la seva vida es troben afeblits i pateixen els mals típics d'exemplars en decadència. No són estranys, per exemple, els fongs de descomposició de la fusta (o fongs de podridura – *Armillaria*, *Ganoderma*, *Heterobasidion*), les formigues de la fusta (*Crematogaster*), els corcs (Anobiidae) i els tèrmits (Isoptera) en arbres decadents. A més a més, cal tenir present que en els ambients urbans fortament estressants, la vida de la vegetació s'escurça (s'arriba abans a la senescència) i per tant, cal pensar molt abans en la nova plantació.

## **Intervencions sanitàries i condicionants als espais verds**

A més a més dels efectes biològics i fisiològics negatius que tenen els agents patògens sobre la vegetació, cal tenir en compte altres aspectes negatius, com per exemple estètics, paisatgístics, sanitaris, de seguretat, patrimonials, socials, etc. Les especials condicions dels espais enjardinats fan que el tractament dels seus problemes sanitaris sigui essencialment diferent al que tenen lloc en els ambients agrícoles i forestals.

Per a evitar aquests deterioraments suara esmentats, primer cal conèixer l'agent patogen que origina la situació (gènere i/o espècie), el seu cicle biològic i la dinàmica de poblacions. Després, a partir d'això, es podran desenvolupar i portar a terme les mesures correctores més adequades a solucionar o alleujar el problema. Normalment l'objectiu de la intervenció és plantar un o un escàs nombre d'exemplars. Això significa que s'ha de prestar una atenció independent a cadascuna de les plantes de l'espai o, si escau, a sectors particularitzats com poden ser parterres, rocalles, tanques, etc. Com ja s'ha indicat anteriorment, sovint les espècies vegetals utilitzades són elements d'origen exòtic, pel que la seva supervivència en aquests espais és delicada i més difícil que en els seus llocs d'origen. Per això requereixen d'una cura especial. Són precisos diagnòstics immediats i, moltes vegades tractaments curatius immediats, de xoc, ja que l'aspecte estètic de l'espai ha de ser alterat el menys possible pels factors exògens de la vegetació. Per la mateixa raó s'ha de procurar que el resultat de la intervenció no alteri en excés el valor ornamental de les plantes.

## Principals plagues de plantes ornamentals

La vegetació arbrada i arbustiva d'ornamentals es troba, en la gran majoria

de les ocasions, amb un ambient antròpic no massa propici i adequat per a la mateixa. Així, per exemple, el desenvolupament biològic i fisiològic normal de la planta es troba amb situacions molt desfavorables: períodes massa secs i calorosos (especialment durant l'estiu), terrenys i ambients constantment contaminats per substàncies fitotòxiques, sòls negats d'aigua, pobrament airejats i excessivament compactats (circulació de vehicles i urbanites), baixos o nuls regs, manca d'aportacions de substàncies minerals necessàries, operacions de poda dràstiques i massa freqüents, ferides mecàniques (vehicles, maquinària d'obres i jardineria) i danys en els sistemes radiculars (obres, pavimentació, rases, trànsit, etc.), infiltracions tòxiques (aigües brutes, gas), així com els innombrables actes de vandalisme, etc.

Totes aquestes situacions provoquen sobre la planta un estrès fisiològic determinat, el qual, en la majoria dels casos, és aprofitat per l'entrada i proliferació d'agents patògens, com les plagues (insectes, àcars) i malalties (fongs, bacteris, virus, fitoplasmes). La gravetat del mal variarà en funció de l'estat de la planta i de la part afectada, així com de l'espècie del patogen, l'època que té lloc l'atac i la durada del mateix. Així, pot fluctuar des del debilitament, la pèrdua parcial del ritme del creixement i la defolia-

ció parcial del vegetal, fins la mort de parts o de la totalitat de l'exemplar.

Entre les principals patologies d'origen biòtic causades per plagues sobre arbres i arbustos ornamentals, cal destacar per la seva abundància numèrica als pugons i caparretes. En la majoria dels casos, aquests insectes picadors-xucladors es caracteritzen per produir tant mals directes, a causa de la seva presència i atacs, com indirectes, per la producció de melassa i el desenvolupament de negreta sobre les superfícies afectades. Però aquests atacs difícilment comporten la mort de la planta hoste, mentre que els danys estètics provocats són molt més importants. No obstant això, existeixen altres grups d'insectes (coleòpters i lepidòpters perforadors), molt menys nombrosos sobre la vegetació ornamental, però que poden provocar danys molt més importants que els insectes anteriors. Alguns construeixen galeries internes dins del xilema que amb el temps poden comprometre l'estructura mecànica del tronc o brancom; en altres ocasions afecten de manera greu al xilema més exterior i poden malmetre de manera molt significativa el sistema vascular de la planta, arribant, fins i tot a provocar la mort de l'exemplar.

A més dels efectes biològics i fisiològics negatius que tenen les plagues sobre la vegetació, cal tenir en comp-

te altres aspectes negatius, com per exemple estètics i paisatgístics, sanitaris, de seguretat, patrimonials, socials, econòmics, etc.

En les següents llistes s'indiquen les principals plagues causades per insectes i àcars presents en la vegetació arbrada i arbustiva de coníferes i planifolis. S'indica el nom del patogen, la família a la que pertany i les espècies de plantes a les que afecta en negreta.

#### Plagues de Coníferes

- Pugons: Adelges (Hom.: Adelgidae; **Picea, Abies, Pseudotsuga**); Pineus i Eopineus (Hom.: Adelgidae; **Pinus**); Cedrobium, Cinara i Eulachnus (Hom.: Lachnidae; **Cedrus, Pinus, Cupressaceae**); Mindarus (Hom.: Mindaridae; **Abies**)
- Caparretes: Chloropulvinaria (Hom.: Coccidae; **Taxus**); Physokermes (Hom.: Coccidae; **Picea**); Carulaspis i Lineaspis (Hom.: Diaspididae; **Cupressaceae**); Lepidosaphes (Hom.: Diaspididae; **Juniperus**); Leucaspis i Anamaspis (Hom.: Diaspididae; **Pinus**); Chionaspis i Nucleaspis (Hom.: Diaspididae; **Cedrus**); Matsucoccus i Palaeococcus (Hom.: Margarodidae; **Pinus**)
- Hymenoptera: Diprion i Neodiprion (Hym.: Diprionidae; **Pinus**)
- Lepidoptera: Dioryctria mendacella i D.splendidella (Lep.: Pyralidae; **Pinus**); Thaumetopoea pityocampa (Lep.: Thaumetopoeidae; **Pinus, Cedrus**); Rhyacionia buoliana (Lep.: Tortricidae; **Pinus, Cedrus**)

- Coleoptera: Phaenops (Col.: Buprestidae; **Pinus**); Acanthocinus, Monochamus i Raghium (Col.: Cerambycidae; **Pinus**); Semanotus laurasi (Col.: Cerambycidae; **Cupressaceae**); Pisodes notatus (Col.: Curculionidae; **Pinus**); Orthotomicus erosus, Ips sexdentatus, Hylurgus (Col.: Scolytinae; **Pinus**); Tomicus piniperda i Ips acuminatus (Col.: Scolytinae; **Pinus, zona de muntanya**); Tomicus destruens (Col.: Scolytinae; **Pinus, zona litoral**); Phloeosinus (Col.: Scolytinae; **Cupressaceae**)

- Àcars: Oligonychus ununguis (Acar.: Tetranychidae; **Cupressaceae, Pinus, Abies, Picea**)

#### Plagues de Planifolis

- Pugons: Aphis, Dysaphis, Myzus, Hyalopterus (Hom.: Aphididae; **diversos hostes**); Toxoptera aurantii (Hom.: Aphididae; Citrus, **Pittosporum**); Chaitophorus, Phloeomyzus i Pterocomma (Hom.: Aphididae; **Populus**); Tinocallis saltans (Hom.: Aphididae; **Ulmus**); Hoplocallis pictus i Thelaxes (Hom.: Aphididae; **Quercus ilex, Q.suber**); Macrosiphum (Hom.: Aphididae; **Rosa**); Sarucallis kahawaluokalani (Hom.: Aphididae; **Lagerstroemia**); Eucallipterus tiliae Hom.: Callaphididae; **Tilia**); Tuberculatus (Hom.: Lachnidae; **Populus, Salix**); Pterochloroides persicae (Hom.: Lachnidae; **Prunus**); Pemphigus i Thecabius (Hom.: Pemphigidae; **Populus**); Eriosoma lanigerum (Hom.: Pemphigidae;

**diverses espècies**); Eriosoma i Tetra-neura (Hom.: Pemphigidae; **Ulmus**)

- Caparretes: Asterodiaspis ilicicola (Hom.: Asterolecanidae; **Quercus ilex**); Chloropulvinaria, Eupulvinaria i Protopulvinaria (Hom.: Coccidae; **diverses espècies**); Ceroplastes rusci i C.sinensis (Hom.: Coccidae; **diverses espècies**); Saissetia oleae, Coccus i Parthenolecanium (Hom.: Coccidae; **diverses espècies**); Pseudaulacaspis pentagona (Hom.: Diaspididae; **Morus**); Aonidia lauri (Hom.: Diaspididae; **Laurus**); Aonidiella aurantii (Hom.: Diaspididae; **Citrus**); Aspidiotus nerii i Chrysomphalus (Hom.: Diaspididae; **diverses espècies**); Insulaspis gloverii (Hom.: Diaspididae; **Citrus**); Quadraspidiotus perniciosus (Hom.: Diaspididae; **Rosa**); Lepidosaphis ulmi (Hom.: Diaspididae; **Populus, Salix, Ulmus**); Unaspis euonymi (Hom.: Diaspididae; **Euonymus**); Gossyparia spurina (Hom.: Eriococcidae; Fraxinus, **Ulmus**); Kermes vermilio (Hom.: Kermesidae; **Quercus ilex**); Icerya purchasi (Hom.: Margarodidae; **diverses espècies**); Planococcus citri i Pseudococcus (Hom.: Pseudococcidae; **diverses espècies**)

- Mosca blanca, Cicadellides i Psil·lides: Aleurothrixus floccosus, Bemisia i Dialeurodes (Hom.: Aleyrodidae; **Citrus**); Trialeurodes vaporariorum (Hom.: Aleyrodidae; **diverses espècies**); Aphrophora (Hom.: Cercopidae; **Populus, Salix**); Jacobiasca (Empoasca) (Hom.: Cicadellidae; **diverses**

**espècies**); *Phylloxera quercus-ilicis* (Hom.: Phylloxeridae; **Quercus [roures]**); *Ctenarytaina eucalypti* i *Glicaspis brimblecombei* (Hom.: Psyllidae; **Eucalyptus**); *Cacopsylla pulchella* (Hom.: Psyllidae; **Cercis**); *Trioza alacris* (Hom.: Psyllidae; **Laurus**); *Platycorypha nigrivirga* (Hom.: Psyllidae; **Tipuana**); *Macrohomotoma gladiata* (Hom.: Psyllidae; **Ficus**)

- Diptera i Hymenoptera: *Dryomyia lichtensteini* (Dip.: Cecidomyiidae; **Quercus ilex**); *Andricus*, *Biorhiza*, *Neuroterus* i *Plagiotrochus* (Hym.: Cynipidae; **Quercus spp**)

- Heteroptera: *Corythucha ciliata* (Hem.: Tingidae ; **Platanus**); *Monosteira* (Hem.: Tingidae); *Stephanitis pyri* (Hem.: Tingidae; **Rosa, Crataegus**)

- Trips: *Parthenothrips dracaenae* i *Scirtothrips inermes* (Thys.: Thripidae; **diverses espècies**); *Heliothrips haemorrhoidalis* (Thys.: Thripidae; **diverses espècies**)

- Lepidoptera: *Zeuzera pyrina* (Lep.: Cossidae; **diverses espècies**); *Cossus cossus* (Lep.: Cossidae; **diverses espècies**); *Abraxas pantaria* (Lep.: Geometridae; **Fraxinus**); *Phyllocnistis citrella* (Lep.: Gracillariidae; **Citrus**); *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantriidae; **diverses espècies**); *Ostrinia nubialis* (Lep.: Pyralidae; **diverses espècies**); *Paranthrene tabaniformis* i *Sesia apiformis* (Lep.: Sessidae; **Populus**); *Thaumetopoea processionea* (Lep.: Thaumetopoeidae; **Quercus [roures]**); *Pandemis heparina* (Lep.:

Tortricidae; **Quercus, Tilia, Salix**)

- Coleoptera: *Melanophila picta* (Col.: Buprestidae; **Populus**); *Coraeus florentinus* (Col.: Buprestidae; **Quercus**); *Capnodis tenebrionis* (Col.: Buprestidae; **Rosaceae**); *Cerambyx cerdo* (Col.: Cerambycidae; **Quercus**); *Saperda carcharias* i *Compsidia populnea* (Col.: Cerambycidae; **Populus**); *Aromia moscata* i *Lamia textor* (Col.: Cerambycidae; **Salix**); *Phoracantha semipunctata* (Col.: Cerambycidae; **Eucalyptus**); *Chrysomela populi* i *Phratora laticollis* (Col.: Chrysomelidae; **Populus, Salix**); *Galerucella lineola* (Col.: Chrysomelidae; **Populus, Salix**); *Xanthogaleruca luteola* (Col.: Chrysomelidae; **Ulmus**); *Cryptorhynchus lapati* (Col.: Curculionidae; **Populus**); *Hylesinus* i *Leperisus* (Col.: Scolytinae; **Fraxinus**); *Phloeotribus scarabaeiodes* (Col.: Scolytinae; **Olea**); *Scolytus kirschii*, *S. multistriatus* i *S. scolytus* (Col.: Scolytinae; **Ulmus**); *Scolytus intricatus* (Col.: Scolytinae; **Quercus [roures]**); *Scolytus amygdali* i *Scolytus rugulosus* (Col.: Scolytinae; **Prunus, Pyrus**); *Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Dryophthoridae; **Phoenix, Washingtonia**); *Scyphophorus acupunctatus* (Col.: Dryophthoridae; **Agave, Yucca**)

- Àcars: *Stenacis triradiatus* (Acar.: Eriophyidae; **Salix**); *Aceria fraxinivorus* (Acar.: Eriophyidae; **Fraxinus**); *Aceria ilicis* (Acar.: Eriophyidae; **Quercus ilex, Q. suber**); *Eriophyes ficus* (Acar.: Eriophyidae; **Ficus**); *Aceria*



ulmicola (Acar.: Eriophyidae; **Ulmus**); Eotetranychus tiliarium (Acar.: Tetranychidae; **Tilia**); Panonychus citrí i Panonychus ulmi (Acar.: Tetranychidae; **Citrus, fruiters**); Tetranychus urticae (Acar.: Tetranychidae; **diverses espècies**); Brevipalpus phoenicis i Cenopalpus pulcher (Acar.: Tenuipalpidae; **Citrus, fruiters**)

## BIBLIOGRAFIA SOBRE PLAGUES I MALALTIES

- BALACHOWSKY, A. 1949. Faune de France, 50 Col. Scolytidae. Lib.Fac. Sciences. 320 pp
- BARBOSA, P. & WAGNER, M.R. 1989. Introduction to forest and shade tree insects. Academic Press, New York. 639 pp.
- BELLARDI, M.G. & BERTACCINI, A. 1998. Avversità delle piante ornamentali: Virosi e fitoplasmosi. Ed. L'Informatore Agrario. 189 pp.
- CARRERO, J.M. 1996. Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona. 256 pp.
- CHYNERY, M. 1984. Guía de campo de los insectos de España y Europa. Ed. Omega. 402 pp.
- DAJOZ, R. 2001. Entomología forestal: los insectos y el bosque. Ed. Mundi-Prensa. 548 pp.
- DE LIÑÁN, C. 2006. Vademecum Productos Fitosanitarios y Nutricionales. Ed. Agrotécnicas. 767 pp.
- DE LIÑÁN, C. 1998. Entomología agroforestal. Ed. Agrotécnicas. 1309 pp.
- DOMÍNGUEZ, F. 1998. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Mundi-Prensa. 821 pp.
- GARIBALDI, A.; GULLINO, M.L. & LISA, V. 2000. Malattie delle piante ornamentali. Calderini Edagricole. Bologna. 574 pp.
- GIL, L. 1990. Los olmos y la grafiosis en España. ICONA, Madrid. 300 pp.
- GIL, L. & PAJARES, J. 1986. Los Escolítidos de las coníferas en la Península Ibérica. Inst.Nac.Inv.Agr., Madrid. 194 pp.
- HANSEN, E.M. & LEWIS, K.J. 2003. Plagas y enfermedades de las coníferas. Ed. Mundi-Prensa.
- HERNÁNDEZ, R. & PÉREZ, V. 1997. Guía de insectos y daños en las masas forestales de Aragón. Dep. Agr. y Medio Amb., Gobierno de Aragón. 198 pp.
- JOLY, R. 1975. Les insectes ennemis des pins. Vol. I, II. Ecole Nat. Geni Rural, Nancy. 320 pp.
- JOHNSON, W.T. & LYON, H.H. 1994. Insects that feed on trees and shrubs. Comstock Pub. 560 pp
- LLÁCER, G.; LÓPEZ, M.M.; TRAPERÓ, A. & BELLO, A. 1996. Patología vegetal. Ed. Mundi-Prensa. 1165
- METCALF, C.L. & FLINT, P.W. 1982. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y control. Cia. Edit.Continental, Mexico.
- MITTON, J.B. & STURGEON, K.B. 1982. Bark beetles in North American conifers. A system for the study

of evolutionary biology. Univ.Texas Press, Austin. 527 pp.

- MUÑOZ, C.; PÉREZ, V.; COBOS, P.; HERNÁNDEZ, R. & SÁNCHEZ, G. 2007.

Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques.

Ed. Mundi-Prensa. Barcelona. 575 pp.

- PLANES, S. & CARRERO, J.M. 1995. Plagas del campo. Ed. Mundi-Prensa. 550 pp.

- POLLINI, A.; PONTI, I. & LAFFI, F. 1999. Avversità delle piante ornamentali: Insetti. Ed. L'Informatore Agrario. 132 pp.

- POLLINI, A.; PONTI, I. & LAFFI, F. 1999. Avversità delle piante ornamentali: Malattie crittogamiche. Ed. L'Informatore Agrario. 157 pp.

- RIBA, JM. 2004. Principals plagues d'artròpodes sobre ornamentals. <http://www.apevc.org/articles>

- RIBA, JM. 2005. Patologies d'ornamentals associades a una gestió i pràctiques incorrectes de jardineria. <http://www.apevc.org/articles>

- RIBA, J.M. 2007. Control Integrado de Plagas en Jardinería: Reconocimiento y Manejo de Plagas en Ornamentales; Prácticas de Prevención y Corrección. pp 79-118. En: "*Hacia Una Jardinería Más Sostenible*". Coord. Soguero. Jornada Técnica, Puertollano (Ciudad Real 23-NOV-2006).

- ROMANYK, N. & CADAHÍA, D. 2003. Plagas de Insectos en las masas forestales españolas. Parques Nacionales, Min. Medio Ambiente. Madrid. 336 pp.

- SERVEI DE SANITAT VEGETAL.

2002. Guia de productes fitosanitaris. Dep. Agr. Ram. i Pesca, Gen. Catalunya. 293 pp.

- SINCLAIR, W.A. & LYON, H.H. 2005. Diseases of trees and shrubs. Cornell Univ. Press. 660 pp

- TORRES, J. 1998. Patología Forestal. Ed. Mundi-Prensa. 270 pp.

- VILLALBA, S. 2005. Plagas y enfermedades de jardines. Ed. Mundi-Prensa. 356 pp.

- ZAHRADNIK, J. 1989. Guía de los Coleópteros de España y Europa. Ed. Omega. Barcelona. 722 pp.



Secció transversal d'un tronc d'alzina (*Quercus ilex*), amb una afectació greu de galeries de *Cerambyx cerdo* en el seu interior.

Foto: ©jmriba



Branca primària d'una alzina trencada després d'un temporal de pluja i vent, mostrant en el seu interior un atac greu de galeries de *C.cerdo*.

Foto: ©jmriba



Tronc de pi pinyer (*Pinus pinea*) de nova plantació amb grumolls de resina que delaten l'atac del perforador *Tomicus destruens* (Col.: Scolytinae).

Foto: ©jmriba



Detall de la galeria monògama que realitzen els adults de *Tomicus destruens*, impresa a la cara interna de l'escorça, en contacte amb el càmrium.

Foto: ©jmriba



Vista general de l'estat d'una palmera (*Phoenix canariensis*) amb símptomes inicials de l'atac del morrut roig *Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Dryophthoridae). Foto: ©jmriba



Quan l'atac està ben avançat en l'interior del meristema de la palmera (*P.canariensis*), les fulles van caient i tota la corona foliar es col·lapsa. Foto: ©jmriba



Detall d'un adult de la galeruca de l'om, *Xanthogaleruca luteola* (Col.: Chrysomelidae). Foto: ©jmriba



Larves de la galeruca de l'om, *Xanthogaleruca luteola* (Col.: Chrysomelidae), important defoliador dels oms que pot desenvolupar fins a 3 generacions anuals. Foto: ©jmriba





Brot d'alzina (*Quercus ilex*) mostrant un elevat atac de la caparreta de l'alzina, *Kermes vermilio* (Hom.: Coccidae), totes elles en estat adult. Foto: ©jmriba



Brots de baladre (*Nerium oleander*) amb un atac important de la caparreta de l'olivera *Saissetia oleae* (Hom.: Coccidae), espècie bastant polífaga. Foto: ©jmriba



Detall de l'anvers d'una fulla de llorer (*Laurus nobilis*), mostrant un atac de caparreta *Ceroplastes* (Hom.: Coccidae). Foto: ©jmriba



Detall del revers d'una fulla de pitospor (*Pittosporum tobira*), mostrant un atac de la caparreta *Chloropulvinaria floccifera* (Hom.: Coccidae). Foto: ©jmriba

## El Turó de la Rovira, paisatge patrimonial

**Jordi Romero**

Arquitecte

Durant la guerra civil espanyola, als anys 1938-1939, Barcelona va ser la primera gran ciutat europea bombardejada massivament, convertida en el laboratori general del que s'anomenarien "bombardejos de saturació". Com a conseqüència, va ser també a Barcelona on es van assajar les construccions modernes de resistència civil i militar als bombardejos, concretades en una gran xarxa de refugis a la població i el desplegament de bateries antiaèries. Al Turó de la Rovira el govern republicà va construir les primeres bateries antiaèries que van començar a funcionar el 3 de març de 1938.

Les batries antiaèries del Turó de la Rovira són una estructura militar, a l'estil clàssic, edificades al cim del turó més alt que hi ha al centre de la ciutat de Barcelona. Estan composades per 7 plataformes de tir de planta circular, una plataforma de la comandància i un pavelló de la tropa, tots dos de planta rectangular. Es van construir amb formigó armat amb encofrat de totxo, arrebossat amb morter i pintat. Al mes de gener de 1939, l'exèrcit republicà es retirà de Barcelona i les bateries quedaren abandonades.

El ràpid creixement industrial de la ciutat va comportar durant tota la meitat del segle XX l'expansió del barraquisme. Als anys 50, aquest fenomen va arribar al màxim, amb unes 20.000 barraques que albergaven una població d'unes 100.000 persones. Els llocs on hi havia major concentració de barraques eren la platja del Somorrostro (ara Vila Olímpica), la muntanya de Montjuïc i el Carmel, al vessant sud del Turó de la Rovira. Barcelona, com tantes ciutats, tenia una gran quantitat de barris informals, alguns dels quals van perdurar fins la dècada de 1990.

Les bateries abandonades del Turó de la Rovira van ser de seguida reutilitzades pels barraquistes, creant el barri informal anomenat "Els canons", que va arribar a albergar 110 barraques, i uns 600 habitants. La superposició de les barraques a l'estructura militar de les bateries va suposar la seva manipulació i alteració per tal d'adaptar-les al nou ús (obertu-

ra de portes, enrajolats, envans, baixants per les aigües fecals...).

A aquests dos estrats, el militar i el de l'habitatge informal, cal afegir l'anterior estrat agrícola, ja que durant el segle XIX tot el pla i els turons de l'entorn de la ciutat de Barcelona tenien un caràcter agrícola. L'aprofitament agrícola dels turons es realitzava amb bancals continguts amb murs de pedra seca. Al vessant nord del Turó de la Rovira queden restes de la masia de Cal Penyasco amb traces dels antics bancals que van ser ocupats també pels barraquistes.

A més, s'hi van instal·lar altres elements, com un gran dipòsit circular d'aigua potable o unes antenes, uns elements molt identificables a l'skyline dels turons centrals de Barcelona.

Entre els anys 1980-90 el barri va ser definitivament abandonat i les barraques destruïdes. I així és com les trobem al moment d'iniciar el projecte: les restes de les demolicions de les barraques estaven disseminades per tota la muntanya, i solament les bateries havien estat desenrunades per grups de treball dirigits pel MUHBA (Museu d'Història de Barcelona).

En el context territorial de Barcelona, el Turó de la Rovira forma part del Parc dels Tres Turons. És un parc

estratègic, perquè la seva ubicació privilegiada el converteix en el gran mirador de Barcelona. La vocació d'aquest gran parc és ser un bosc urbà, una muntanya al cor de la ciutat.

Ens trobem, doncs, davant d'un paisatge d'estrats, de superposicions, de senyals d'identitats canviants. La importància del lloc no es deu únicament a que explica l'impacte de la guerra civil espanyola, sinó també, i sobre tot, al fenomen del barraqüisme de la postguerra. És un espai únic de superposició de la ciutat informal al patrimoni.

El MUHBA i l'Ajuntament de Barcelona (representat per l'Agència del Carmel), van definir les directrius bàsiques de restauració amb la voluntat de recuperar tota la zona com a centre d'interpretació històrica i espai de la memòria de la ciutat, a la vegada que es restituís com espai d'ús ciutadà. El projecte realitzat fins el moment és una primera fase de restauració de les bateries i de l'empremta dels barraquistes. La proposta ha estat una primera reutilització i conservació del lloc, facilitant l'accés i la mínima seguretat de recorregut pels visitants. Els espais coberts i semi enterrats de les bateries es van tancar amb reixes per raons de seguretat a l'espera de realitzar el projecte museístic al qual estan destinats.

Així, l'objectiu fonamental del projecte de restauració és mostrar l'espai com a lloc d'assentaments agrícoles, lloc de defensa de la ciutat, lloc ocupat per la ciutat informal, i mirador de 360° de la ciutat; mostrant tots els seus estrats.

El projecte ha volgut prendre part en aquestes superposicions, en aquests estrats. No hem pretès projectar des de fora. Hem volgut, a través de la identificació de les cicatrius del conjunt, ser-ne part integrant i incidir en la dinàmica de l'espai d'una forma mínima, viva i interactiva. El criteri ha estat d'una màxima conservació i potenciació d'allò existent i una mínima intervenció. Hem volgut mantenir la visió de superposició d'estrats mostrant-lo com un paisatge en evolució en el temps. Hem optat per una intervenció que ressalti i evidenciï els elements patrimonials i del paisatge existents. Els materials utilitzats són senzills, tradicionals, ben integrats a l'entorn.

Volíem destil·lar la intervenció al mínim, accentuar la visió de matèria en descomposició, definint paviments apedaçats o descompostos, proteccions amb materials en oxidació, amb materials bàsics de construcció. El projecte es va fixar més en criteris d'intervenció que en solucions concretes, perquè érem conscients que estàvem treballant sobre un sòl en moviment, un sòl que després dels

treballs de desenrunament podia oferir una fesomia completament diferent de la preexistent.

La intervenció als murs era una de les qüestions més delicades. En ells s'hi mostren de manera molt clara les cicatrius de les successives ocupacions del Turó de la Rovira. Les restes d'aquests en les varietats de pedra seca, formigó, totxo, han estat al servei de l'activitat agrícola, de la defensiva i finalment de la ciutat informal dels barraquistes. Precisar l'abast de la seva restauració va ser una tasca fonamental del projecte. Es van definir tres tipus d'intervenció:

1. Restauració de murs de pedra seca existents amb la pedra procedents del desenrunament.
2. Restauració dels murs de formigó encofrat amb totxo de les bateries, amb tècniques i materials propis d'una restauració patrimonial, per tal d'assegurar la seva solidesa, però sense pretendre reconstruir els volums originals.
3. Restauració dels fràgils murs construïts pels barraquistes amb materials molt diversos, mantenint al màxim el material original, reforçant o apedaçant si calia amb formigó encofrat amb taulons de fusta, o refent-lo si el deteriorament era extrem.

Un altre element clau era el tractament dels paviments per als recorreguts. Vam optar per conservar tots



els paviments existents dels camins construïts pels barraquistes, gairebé tots amb àrid de granit. El paviment que havíem de realitzar ex-novo era el de l'eix central de les bateries i la seva connexió amb l'accés des del carrer Marià Labèrnia, atès que era per aquest eix que havien de discórrer tots els serveis de telefonia, aigua, electricitat, etc. Volíem que el paviment no agafés excessiu protagonisme en relació amb les bateries. Vam decidir realitzar-lo amb formigó desactivat, de manera que es veiés l'àrid, deixant sempre una junta entre els murs de les bateries i el nou paviment, i, al contrari, atracant sempre directament el paviment a la roca.

I finalment, ens vam enfrontar al disseny de les baranes de protecció d'escaleres o balcons. Les vam dissenyar amb perfils de ferro oxidat i envernissat. Les baranes s'adapten a les escaleres existents amb un passamà que recorre tot el seu perfil, i a la qual s'hi solden els barrots massissos. I també al disseny de les proteccions dels espais interiors de les bateries, que s'han realitzat amb unes reixes d'acer oxidat, com si d'un "objet trouvé" es tractés, amb la voluntat de reflectir la seva provisionalitat.

Vam organitzar l'espai amb un recorregut de vianants amb tres accessos, que permetés la contemplació del paisatge patrimonial del Turó de la

Rovira i a la vegada disposar d'una visió panoràmica de 360° sobre Barcelona. Els dos vessants del Turó de la Rovira tenen unes característiques ambientals molt diferents, orientades com estan, l'una al sud i l'altra al nord. Al vessant nord, que mira al barri del Carmel, la vegetació estava adaptada a la més gran humitat, amb alguns garrofers, figueres, oliveres, mentre que al vessant sud, mirant al mar, més sec, sovintejaven figueres de moro, pi blanc. En tots dos vessants les superfícies vistes de roca metamòrfica i sedimentària són molt importants, representant una tercera part de la superfície.

D'acord amb els criteris generals de restauració del Parc dels Tres Turons, vam proposar dur a terme una repoblació forestal amb espècies de la comunitat de la pineda mediterrània, amb exemplars de poca edat, bàsicament subministrats en alvèol forestal, i amb una densitat de plantació molt alta, per a compensar les baixes previstes en aquest tipus de repoblacions. Els arbres els vàrem concentrar a la base de la muntanya per tal que no interrompessin l'skyline del cim.

La primera actuació, i molt important, va ser la neteja selectiva i eliminació de la runa acumulada al lloc, que es va realitzar manualment per tal de no afectar cap resta de les ba-

teries, barraques o estructures agrícoles, i amb un seguiment arqueològic permanent. En aquesta fase vam poder valorar la real envergadura de les restes de l'habitatge informal i estructures de les bateries que hi havia al lloc. Vam descobrir tots els elements estructurals i paviments de les barraques, que eren molts més del que revelaven les primeres inspeccions. També vam descobrir les estructures dels dormitoris de la tropa al vessant nord del turó, vam desenterrar les restes de bancals d'origen agrícola, etc.

Un cop enllestida aquesta actuació, que va durar 3 mesos, vam realitzar una nova base topogràfica, amb la qual vam refer el projecte adaptant-lo a les noves condicions. Vam poder identificar els estrats trencats en els que hi quedaven solament les cicatrius incrustades en el paisatge patrimonial, reconèixer els estrats superposats, etc., i així definir quines cicatrius fixàvem, quins estrats manteníem, com consolidàvem la matèria en descomposició que havia sorgit de la runa. Vam documentar les restes trobades elaborant fitxes amb dibuixos i fotografies. Vam poder concretar l'abast de la nova intervenció projectual, consolidar i clarificar la voluntat de destil·lar la intervenció al mínim, accentuant la visió de matèria en descomposició, definint paviments apedaçats, paviments descompostos,

proteccions amb materials en oxidació (armadures de formigó oxidades, baranes de ferro oxidat, paviments de formigó desactivat, matxaca de granit, murs de pedra seca acumulada en el procés de desenrunament...).

Un cop fets aquests treballs va quedar palès el diferent caràcter dels vessants sud i nord del Turó, com ja intuïem durant la redacció del projecte. Al vessant nord, amb una vegetació més pròxima a l'antic ús agrícola (oliveres, figueres...) van sorgir les restes de bancals amb murs de pedra seca en molt mal estat de les antigues explotacions, i vam desenterrar també les restes dels dormitoris de la tropa amb els estrats superposats de les barraques allà ubicades. Però va ser al vessant sud, poblat amb figueres i amb figueres de moro, on vam trobar les restes més notables de barraques i on s'havia conservat millor l'estructura de camins amb escales de formigó que constituïa el seu accés.

Finalment, al cim del turó, a tocar de les restes de les bateries, es va descobrir un altre assentament de barraques de mida considerable que, després de documentar-lo, es va tornar a cobrir de terra com a mesura de protecció i a l'espera de noves actuacions.

A mesura que s'anaven netejant els paraments verticals i horitzontals de

les bateries, els arqueòlegs del MUHBA definien els criteris de restauració: els estrats de barraques que es mantenien i restauraven o aquells que es retiraven, seguint sempre el criteri de mostrar la construcció militar en convivència amb els nous estrats superposats de la ciutat informal.

Finalment, el projecte concretava les actuacions que es realitzaven:

1. S'estableixen dos recorreguts molt clars: un de pavimentat, amb proteccions de baranes quan cal, que discorre des de l'accés principal del carrer Marià Labèrnia, segueix l'eix central de les bateries i baixa pel vessant sud recorrent els camins dels barraquistes, i un altre com un petit sender que des de l'accés principal discorre pels espais dels dormitoris de la tropa, passa per les zones de bancals d'origen agrícola i apareix al final de l'eix principal de les bateries.
2. Les bateries es restauren mantenint les restes de barraques que decideixen els arqueòlegs. Es planten grups de rosers salvatges, bulbs, farigola. Es pavimenta l'eix central i s'organitzen els recorreguts a través de l'estructura militar.
3. El grup de barraques del cim es protegeix amb una capa de terra i una plantació de bulbs.
4. Al nord es restauren les restes de barraques penjades al vessant, es mantenen únicament les restes ubicades als espais dels dormitoris de

la tropa. El vessant es reforesta amb la comunitat de pi mediterrani excepte a la zona de bancals, on es planten figueres i serveres.

5. Al vessant sud es restauren les restes de la ciutat informal, els camins es recuperen per als recorreguts actuals, es controla l'accés a la zona de barraques i es mantenen i repoblen les figueres de moro.

Aquesta primera fase d'intervenció, realitzada amb el suport del MUHBA, ha consistit en un exercici de sintetitzar i condensar per tal de mostrar la condició dinàmica del paisatge patrimonial, la estratigrafia que modelen el temps i les persones que l'habiten i l'utilitzen, en un lloc tan assenyadament simbòlic per a la ciutat de Barcelona com és el Turó de la Rovira.



Restes de terrasses del vessant Sud del Turó de la Rovira. Foto: A.Avila

# Ha millorat la qualitat de l'aire a Barcelona en els darrers 10 anys?

**Fulvio Amato**

Investigador del IDAEA-CSIC

La preocupació per la qualitat de l'aire no es nova. Des de molt antic es coneixen referències sobre l'estat de l'aire, com aquesta de Maimònides, doctor sefardita de Còrdova que va viure al s. XII: *Comparar l'aire de les ciutats i deserts i terrenys àrids és com comparar les aigües fèrides i brutes amb aigües cristal·lines. A la ciutat, a causa de l'alçada dels edificis, els carrers estrets i totes les emissions dels habitants i dels seus residus ..... l'aire està estancat, dens i boirós ... Si l'aire s'altera lleugerament, l'esperit psíquic serà també alterat notablement*". Veiem doncs, que fa centenars d'anys ja es relacionava la contaminació de l'aire amb la salut.

La contaminació atmosfèrica es defineix com la introducció a la atmosfera de substàncies o formes d'energia que, per sí mateixes o com a conseqüència de la seva transformació, tenen una acció nociva. Aquests perjudicis impliquen un risc per a la salut humana o el medi ambient, provoquen danys immediats o a llarg termini a persones a l'ambient, i afecten persones, recursos biològics, ecosistemes i bens de qualsevol natura i condició.

És molt important tenir en compte que no es coneixen totes les substàncies que hi ha a l'atmosfera i, a més, per a les que coneixem, no podem delimitar uns límits de seguretat total, uns valors per sota dels quals es pugui garantir que no hi ha absolutament cap perjudici en la salut de les persones o dels ecosistemes.

Es poden definir tres diferents nivells d'aproximació als estudis de contaminació: 1) escala global, amb efectes nocius sobre el clima i els nivells d'ozó estratosfèric, 2) nivell de meso-escala, amb efectes nocius sobre els ecosistemes per acidificació, eutrofització i augment dels nivells d'ozó troposfèric, i 3) nivell local, a escala urbana, el que coneixem com a qualitat de l'aire urbà. Aquest afecta la qualitat de l'ambient on viu concentradament gran part de la població, la qual es veu afectada principalment per emissions domèstiques i de tràfic, i és on ens centrarem en aquesta presentació. Estudis epidemiològics recents han mostrat com la salut humana (pel que fa a malalties dels sistemes respiratori i cardio-

vascular) es veu molt influïda per el nivell de la qualitat de l'aire. Això ha fet que s'hagin proposat diverses mesures de regulació dels contaminants, segons directives a nivell europeu i estatal que marquen uns límits de les concentracions permeses per a certs components en l'aire. L'organització Mundial de la Salut (OMS) proposa límits més restrictius (Taula 1) . Aquí em basaré sobretot en els gasos (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) i les partícules. Aquestes es qualifiquen depenent de la seva mida (PM<sub>10</sub>= partícules amb un diàmetre inferior a 10 micròmetres, PM<sub>2,5</sub>= partícules amb un diàmetre inferior a 2.5 micròmetres, PM<sub>1</sub>= partícules amb un diàmetre inferior a 1 micròmetre).

Cada any l'agència mediambiental Europea publica un informe sobre la qualitat de l'aire a Europa basat en les dades recollides en els anys anteriors. Aquest any s'ha publicat l'in-

forme de l'estat de la qualitat de l'aire a Europa fins l'any 2010. En aquest informe es fa una estadística de les dades de qualitat atmosfèrica en cada país per a identificar les causes de les superacions dels valors límit establerts per la normativa europea (Taula 1). En l'informe es presenta també quin percentatge de població viu en zones d'incompliment dels valors límit, és a dir, el percentatge de població exposada a un excés de contaminació segons la legislació vigent. Pel que fa a les partícules, a l'informe s'estima que el 15-30% de la població viu en zones on es supera el límit proposat. Per tant, hi ha una part significativa de la població europea vivint en condicions de risc declarat per a la salut. I les estimacions podrien ser més greus si en lloc de tenir en compte la legislació de la UE es tenen en compte els valors proposats per la OMS, molt més restrictius.

Contaminant	Valor límit	Directiva 2008/50/CE		OMS
		Concentració (µg/m3)	Any vigència	Concentració (µg/m3)
PM <sub>10</sub>	Mitjana anual	40	2005	20
PM <sub>2,5</sub>	Mitjana anual	25	2010	10
SO <sub>2</sub>	Mitjana diària	125	2005	20
	Mitjana anual	40	2005	
NO <sub>2</sub>	Mitjana anual	40	2010	40

Taula 1. Valors límits segons Directiva 2008/50/CE i OMS.

A l'hora d'especificar les causes de les superacions dels límits hi ha un patró molt clar que assenyalava al tràfic rodant com a la causa més comuna: el tràfic és responsable del 30% de les emissions de  $PM_{10}$  i del 70% de les de  $NO_2$ .

### Contaminació per $NO_2$

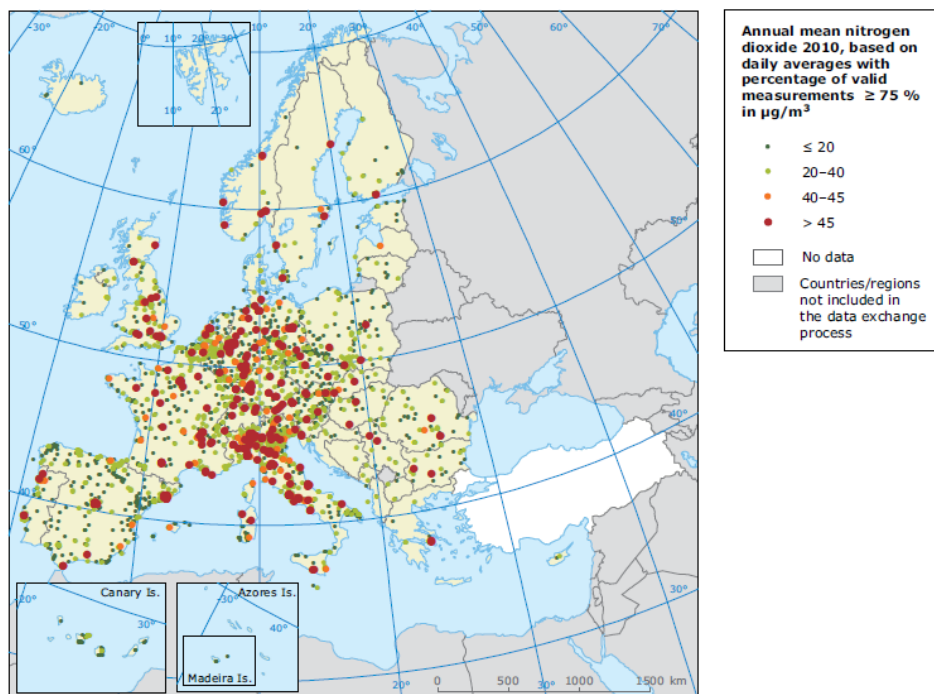
Els punts vermells del mapa mostren les zones que no compleixen amb la normativa europea respecte de les concentracions de  $NO_2$  en l'aire.

Es pot apreciar com l'excés d'emissions d'òxids de nitrogen és un pro-

blema a tot Europa, inclòs el nostre país i Barcelona, en particular. A més, l'evolució temporal respecte d'aquest contaminant no és positiva: al llarg de la dècada 2000-2010 no s'han produït millores en la reducció de les concentracions atmosfèriques, tot i l'esforç de les autoritats per aplicar normatives per regular les emissions dels òxids de nitrogen.

En observar els registres de concentració de  $NO_2$  segons el tipus d'estació (estacions de tràfic = exposades a tràfic dens, estacions urbanes = situades en zona urbana sense un tràfic destacable, o estacions rurals =

Annual mean concentration of  $NO_2$  in 2010



allunyades de les concentracions urbanes i de tràfic) es veu que un 60% de les estacions de tràfic superen el llindar anual pel  $\text{NO}_2$ .

En un estudi dut a terme a nivell europeu, finançat amb fons europeus i basat en una metodologia harmonitzada per a tot Europa (estudi ESCAPE, 2008-2011) es veu que Barcelona, així com Catalunya en general, presenta unes concentracions mitjanes anuals de  $\text{NO}_2$  de les més elevades de tot Europa. Això es degut en part a l'alta densitat de tràfic rodut i però també hi juga un paper important la configuració de la trama urbana de la ciutat, amb carrers molt encaixonats que impedeixen la ventilació de les emissions del tràfic. Altres ciutats, com Amsterdam o Madrid, tenen carrers més amples i airejats i l'aire contaminat es dispersa més fàcilment.

A Espanya, de les 317 estacions de vigilància i control de la qualitat de l'aire analitzades per a l'any 2009, el 17% superaven el valor límit anual proposat per les directives europees. La Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Medioambiental y Medio Natural, del Ministeri de Medi Ambient, publica regularment el mapa de superacions del valor límit anual de  $\text{NO}_2$  a Espanya. L'any 2011, diverses zones incomplien els valors límit, com Barcelona, el Vallès Occiden-

tal i Occidental i el Baix Llobregat, l'àrea de Madrid i algunes parts d'Andalusia. Analitzant la tendència entre 2000 i 2010 es veu que no s'han produït millores en les emissions d'aquest contaminant a Espanya i a Barcelona en particular.

Per entendre les raons de l'esmentat incompliment a Barcelona, la Generalitat de Catalunya va finançar l'any 2008 un estudi on es va mostrejar el  $\text{NO}_2$  amb dosímetres passius per tota la ciutat. El resultat va mostrar que l'Eixample és la zona més contaminada, a conseqüència de la seva elevada densitat de tràfic (molts carrers amb >10.000 vehicles per dia) i a l'escassa capacitat de ventilació dels carrers. A Barcelona hi estan enregistrats 600.000 vehicles, el que representa un número semblant al d'altres ciutats, però quan es normalitza per unitat de superfície, Barcelona té la densitat més alta de vehicles per unitat de superfície de tot Europa. A més, s'ha de comptar també amb els vehicles provinents de l'àrea metropolitana que es desplacen cap a Barcelona. Tot plegat fa que les emissions per unitat de superfície siguin realment molt elevades.

Un altre problema addicional pel  $\text{NO}_2$  prové de la tecnologia dels motors dels vehicles, que no ha ajudat a millorar la situació. En teoria quan un vehicle és homologat per a

la seva venda ha de complir la normativa vigent respecte de les emissions. Per a aquesta finalitat es fan uns tests en circuits de proves per valorar les emissions dels autos. No obstant, els mateixos autos en circular per circuits urbans es comporten segons uns patrons d'emissió molt diferents dels teòrics. En teoria, les emissions de la flota urbana haurien d'anar disminuint en els darrers anys, fruit de les regulacions implementades, però lamentablement, la realitat és una altra. Un estudi molt exhaustiu a nivell europeu mostra com la legislació EURO (normativa europea) ha estat un fracàs respecte de les emissions de  $\text{NO}_x$  per vehicles lleugers diesel. A més, recentment s'ha produït una dieselització del parc mòbil de les ciutats, i els vehicles de motor diesel emeten més  $\text{NO}_2$  que els de benzina. En concret, a Espanya l'any 2010 un 70% dels vehicles matriculats era de motor diesel mentre que només un 30% era de benzina. A Espanya s'ha produït una dieselització del parc automobilístic com a conseqüència de les ajudes als vehicles diesel, per la seva menor emissió de  $\text{CO}_2$ , però això d'altra banda ha accentuat el problema de les emissions d'òxids de nitrogen.

Segons un estudi de la flota urbana d'Àustria, fins al 2020 no hi haurà una reducció de les emissions de  $\text{NO}_x$  dels vehicles diesel. Això constitueix

una de les causes que expliquen la manca de disminució dels nivells de  $\text{NO}_x$  a les ciutats. Per tant, es fan necessàries mesures no tecnològiques coadjuvants, com per exemple: 1) reduir el nombre de vehicles, 2) prohibir l'accés al centre de les ciutats dels vehicle més contaminants i 3) seguir millorant el transport públic.

### El problema de les partícules

Les partícules constitueixen un material molt heterogeni. Es defineixen com a qualsevol material, sòlid o líquid, present en suspensió a l'atmosfera. Tenen molts efectes adversos, per exemple, sobre la salut, el clima, el medi ambient, la visibilitat, i els materials de construcció. Els efectes negatius de les partícules respirables sobre la salut humana han impulsat considerablement el seu estudi en les darreres dècades. Les partícules són molt heterogènies, tant de mida (s'estenen en 4 ordres de magnitud, des de les  $\text{PM}_{10}$  fins a les menors de 0,1 micròmetre) com de composició. Les partícules, un cop a l'atmosfera es transformen en virtut d'una sèrie de processos físico-químics. Les fonts de partícules són molt variades, especialment dins de nuclis urbans. A les ciutats, les partícules minerals (que contenen Ca, Fe, Al) hi tenen un paper important. Provenen del tràfic, que posa en suspensió la pols

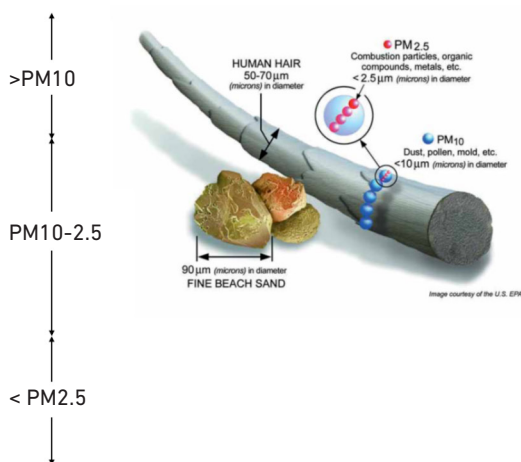
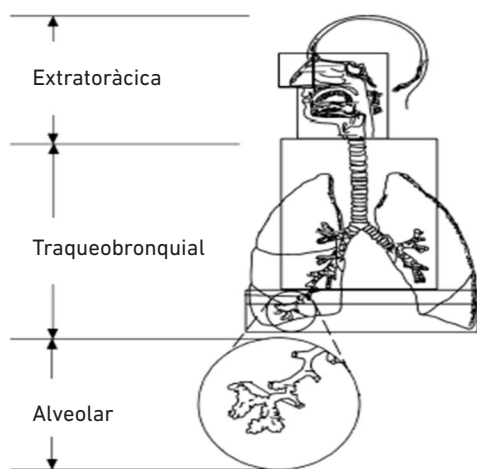


mineral acumulada sobre el ferm, així com de la pols procedent d'obres de demolició. També hi ha partícules carbonoses, procedents de la combustió de combustibles fòssils i de biomassa. També contribueixen al còctel atmosfèric de partícules els aerosols marins, sobretot en ciutats properes a la costa, i els aerosols secundaris formats per la reacció dels àcids sulfúric i nítric amb el amoníac present en la atmosfera. També hi ha partícules formades per metalls traça. Cadascun d'aquests components contribueix de diferent manera en el còctel de partícules d'un determinat lloc i en els seus efectes en la salut.

Aquestes partícules poden pene-  
trar per les vies respiratòries fins a  
incorporar-se al sistema circulatori  
i dispersar-se per tot l'organisme.

Estudis epidemiològics i toxicològics posen de manifest els efectes de les partícules atmosfèriques sobre la salut. Un estudi dels EUA mostra la correlació existent entre els nivells de partícules a l'aire i la mortalitat dels pobladors. A Irlanda l'efecte de la qualitat de l'aire en la salut s'ha vist en el fet que a partir que es va prohibir la utilització de carbó per a la calefacció, disminuint així l'emissió de partícules i gasos, ha disminuït dràsticament la mortalitat.

Els mapes de l'informe de la Agència Europea pel Medi Ambient mostren que els majors incompliments pel que fa als límits de partícules a l'atmosfera es donen a les regions circummediterrànies, sobretot des d'Itàlia fins a Turquia. A Barcelona l'evolució al llarg dels anys mostra



< PM0.1 pueden alcanzar el sistema circulatorio

una reducció significativa en els darrers 10 anys de les concentracions de partícules a l'aire. Les estacions de tràfic són les que mostren els nivells més alts, però també s'hi observen reduccions. Això fa pensar en l'adequada efectivitat de les mesures preses a nivell europeu i local pel control de les emissions de partícules.

Tot i així, hi ha comunitats autònomes a Espanya que no han complert amb la normativa. Per exemple, a Catalunya, no s'ha complert la normativa a l'àrea de Barcelona, Sant Vicenç dels Horts, Santa Perpètua de la Mogoda, Granollers, Lleida i Vic. A la resta d'Espanya no compleixen Sevilla, Granada, Córdoba, Villanueva del Arzobispo, Huelva, Bailén, Alfaro, Bilbao, Puertollano, Avilés, Gijón i A Corunha. A Barcelona es veu una reducció dels nivells de  $PM_{10}$  a l'àrea metropolitana partir de l'any 2008 que es podria explicar pel inici de la crisi.

Cadascun dels sectors d'activitat contribueix de diferent manera a les emissions, i cal conèixer-ho per dissenyar les mesures correctores. A Barcelona, la meitat de les partícules (de totes les mides esmentades) que es respiren provenen del tràfic. La construcció hi té una contribució diferent segona el tipus de partícules (més gran per a les partícules més grosses, els  $PM_{10}$ ) però en general aporta menys d'un 15%. Les partícules

les ultrafines  $PM_{0,1}$ , les més perilloses, procedeixen principalment del tràfic.

Al llarg de la darrera dècada a Barcelona s'ha observat una disminució de partícules, deguda a la reducció de les seves diferents fonts, com la metal·lúrgia, els aerosols de sulfats, i el tràfic. A Barcelona hi arriben partícules del fons general (fonts llunyanes), del fons regional i les originades dins la ciutat. Aquest escenari és molt diferent al de les ciutats de nord d'Europa que reben més contaminació transfronterera que el que és habitual a la península Ibèrica. Nosaltres tenim una contaminació més local i per combatre-la podem prendre mesures locals, el que deixa el control a les nostres administracions.

### El problema de l'ozó

L'ozó és un contaminant diferent dels anteriors. L'ozó es forma a l'atmosfera a partir dels precursors ( $NO_x$ , VOCs) sota la influència de la radiació solar. La contaminació per ozó no és un problema de les ciutats ja que les concentracions més altes es registren fora de les ciutats. Però per reduir l'ozó s'ha d'actuar sobre els precursors, i aquests sí que s'originen principalment a les ciutats. L'informe de l'Agència Europea pel Medi Ambient presenta el mapa de superacions del valor límit de la nor-

mativa actual per l'ozó i es veu que hi ha valors superiors repartits per tot el territori europeu, tot i que hi ha un gradient amb més incompliments quan més al sud. Majors concentracions al sud s'expliquen per la major insolació, el que afavoreix la formació de l'ozó a partir dels seus precursors gasosos. L'anàlisi de les tendències des de l'any 2001 mostra que no hi ha millores. A Espanya, l'any 2011, la gran majoria del territori no complia amb la normativa.

El Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya està treballant en plans de millora de la qualitat d'aire des de l'any 2007, aplicant diferents mesures per a controlar diferents tipus d'emissió. Aquests contemplen les emissions de tots els sectors: tràfic, aeroportuari, industrial, agropecuari, i de les obres de construcció i demolició. A nivell espanyol es proposa una estratègia, una guia de bones pràctiques, enfocada també als diferents sectors però sobretot al tràfic rodant, un sector crucial per a la qualitat de l'aire.

En la nostra opinió, les mesures més eficaces per combatre la contaminació atmosfèrica en les grans ciutats són les mesures no tecnològiques i en particular la implementació de zones de baixes emissions. Aquesta proposta consisteix en etiquetar els vehicles segons les seves emissions,

una tasca que dependria del Ministeri d'Indústria. Llavors, les autoritats locals s'han d'encarregar de limitar l'entrada dels vehicles més contaminants en determinades zones de la ciutat, zones d'especial protecció. Seria una mesura a posar en pràctica gradualment, per donar temps a la societat a adaptar-se als nous vehicles menys contaminants. A Europa hi ha prop de 200 ciutats que ho han posat en pràctica. Espanya està retardada respecte d'aquest tipus de mesures i seria molt bo posar-nos al dia en iniciatives d'aquest tipus per protegir determinades zones més sensibles. També es important prendre mesures que actuïn sinèrgicament sobre la qualitat de l'aire i la lluita contra el canvi climàtic.

## Serveis ambientals i l'economia verda

**Erik Gómez-Baggethun**

Investigador del ICTA

En les negociacions de la Cimera de la Terra de Rio de Janeiro de l'any 2012, una peça bàsica fou l'economia verda, un concepte important que orientarà aquestes línies

El planeta Terra es caracteritza per la seva variabilitat i inestabilitat natural al llarg dels temps geològics. No obstant, durant l'holocè, es va produir una estabilitat completament inusual, que va possibilitar el sorgiment de la civilització humana consegüent al desenvolupament de l'agricultura i al control de la ramaderia. Al segle XX i XXI veiem que de nou es produeix una inestabilitat incipient. La "gran acceleració" té lloc des de meitat del segle XX a partir d'un canvi en el desenvolupament de les forces productives industrials. Alguns dels indicadors d'aquest canvi alhora porten aparellat també el que s'ha anomenat com a "forces destructives": l'escalfament global, la desforestació de boscos tropicals, l'esgotament de les pesqueries, la contaminació ambiental o l'extinció d'espècies, entre altres efectes nocius per a la biosfera i el ésser humà. A més, cal tenir en compte que després de la "gran acceleració" en tots aquests processos els canvis han estat exponencials. Això ha portat a diferents autors a definir l'època actual com l' "antropocè", en el sentit que actualment el metabolisme de les societats humanes té una capacitat comparable a la de les forces geològiques en la mobilització de recursos, materials o energia (ver Steffen et al. 2007).

Recentment, ha aparegut a la prestigiosa revista *Nature* (Rockström et al. 2009) un article que parla de les fronteres planetàries. En aquest treball es planteja que no només ens estem excedint en l'ús de recursos, anant més enllà de la capacitat de càrrega del sistema, sinó que en tota una sèrie d'aspectes s'ha creuat el llindar de seguretat: en els temes de canvi climàtic, davallada de l'ozó estratosfèric, augment dels aerosols atmosfèrics, acidificació dels oceans, pèrdua de biodiversitat, canvis en els cicles biogeoquímics globals de nitrogen i fòsfor, contaminació química, pressió global sobre l'aigua dolça, i canvis en els usos del sòl hi ha uns llindars que un cop traspassats poden causar la

desestabilització de grans processos ecològics que mantenen les condicions d'estabilitat del planeta. Un resultat important de l'informe és que tres d'aquestes fronteres, les corresponents al canvi climàtic, la pèrdua de biodiversitat i la desestabilització dels cicles del nitrogen i fòsfor, ja han estat superades.

Preocupa, a més, el descobriment que contràriament a la visió mecanicista i lineal prevalent fins ara, s'ha vist que els comportaments en la natura són no lineals: els ecosistemes responen de forma no lineal respecte de les pressions efectuades. En un moment determinat, el sistema no pot resistir més les pressions, es creua el llinard, i es produeix un col·lapse ecològic en resposta no proporcional al factor estressant. I cal tenir present que tradicionalment els col·lapses ecològics han anat acompanyats de col·lapses socioeconòmics.

Què és diferent en aquesta etapa actual respecte de les anteriors? Sabem que de col·lapses se n'han produït a bastament al llarg de la història, com explica Jared Diamond (2004) en el seu llibre titulat, precisament, "Col·lapse". Però eren col·lapses circumscrits a zones geogràfiques específiques, locals. Es podrien considerar com avaries parcials de la maquinària ecològica planetària que aconseguen restablir-se gràcies a

que altres parts permetien recobrar la integritat ecològica. Una zona devastada podia ser abandonada però, llavors altres zones podien regenerar les funcions ecològiques a escala planetària. Ara, però, per primer cop a la història pot veure's afectada la resiliència de tot el planeta en conjunt. Actualment els científics estan intentant determinar quins són els llindars de pressió que l'equilibri actual del planeta pot aguantar en relació a la demografia (ara som 7 mil milions i es projecten 9,5 mil milions cap a l'any 2050), els canvis en el clima, o la pèrdua d'ecosistemes. La resiliència del planeta en conjunt es pot veure afectada.

En el món de la conservació i política ambiental es planteja que una de les causes del deteriorament ecològic arrenca de la desvinculació entre l'economia i la ecologia. Alguns autors han plantejat que el inici del deteriorament ecològic està en un conflicte no sempre reconegut entre l'escala física de l'activitat humana (economia i metabolisme d'aigua, energia i recursos) i els límits físics planetaris. Com podem reconciliar economia i ecologia? Justament dues paraules que tenen la mateixa arrel etimològica *eco* per designar *casa* i que en el mot economia indica el coneixement de la casa, i en el d'ecologia designa la gestió de la casa. Com pot ser que aquestes dues paraules que neixen

del mateix lloc hagin acabat per estar en un conflicte tan flagrant?!

A grans trets, la idea que hi ha un límit físic al creixement econòmic estava inclosa en el pensament dels clàssics: per exemple, David Ricardo va enunciar la llei de rendiments decreixents, Thomas Malthus va proposar que una població en creixement exponencial patiria una crisi alimentària, o John Stuart-Mill veia l'estat estacionari de l'economia com a la fita més desitjable. Però en general l'evolució del pensament econòmic ha estat perjudicial per als ecosistemes. Els fisiòcrates entenien que la Terra era la font de tota riquesa, i la producció era concebuda en termes físics. Els economistes clàssics posaren més d'èmfasi en el factor "treball" i reflexionaren sobre les contribucions de les forces de la natura al benestar humà. Consideraven que, per ser donacions gratuïtes de la natura, els serveis ecosistèmics havien d'escapar dels processos d'apropiació humana, de la monetització i mercantilització. Això canvia a partir de finals del segle XIX, on es passa a veure l'economia centrada en els fluxos monetaris, enlloc de l'economia en termes físics, i on tot el que queda fora d'aquesta visió queda fora de l'anàlisi econòmica. Aquest nou plantejament de l'economia neoclàssica, és el que ara s'ensenya a les facultats d'economia. Aquest enfocament

propugna que la innovació sempre trobarà maneres d'explotar nous recursos i així desestima els límits ecològics al creixement tot assumint la substituïbilitat dels recursos naturals i un optimisme tecnològic que resoldrà tots els obstacles al creixement.

A principi de la dècada dels 1970 es produí un tomb impulsat pel Club de Roma (Informe Meadows), on es repren una visió molt crítica respecte a la idea del creixement econòmic indefinit en un planeta finit. Aquest nou plantejament arriba a persones de gran capacitat decisiva, com la presidència de la Unió Europea. En els darrers 20 anys s'ha desenvolupat el que s'anomena "economia verda" i el "conservacionisme de mercat", uns plantejaments que tornen a propugnar el creixement econòmic a la vegada que proposen que cal recolzar-se més en els sistemes de preus que seran els que regularan la conservació dels ecosistemes i la biodiversitat.

L'economia tradicional tal com se la coneix avui dia té com a objecte d'estudi allò que és una mercaderia, allò que té un preu, i que, per tant, està dins del mercat. El que no queda reflectit en el sistema de preus es coneix com a "externalitats". Les externalitats són beneficis/perjudicis que ens dóna la natura que no queden inclosos en la comptabilitat econòmica. L'economia només considera

els bens i serveis que compleixen les següents condicions: 1) que siguin útils als éssers humans, 2) que puguin ser objecte d'apropiació (no es pot comprar i vendre coses a les que no hi puguem tenir accés; i 3) que sigui expressable en termes monetaris. El que no compleix això és invisible a la comptabilitat econòmica convencional (externalitat del mercat). El problema d'aquesta perspectiva és que la majoria dels bens i serveis que ens ofereix la natura, i que són importants per a la economia i el benestar humà, són externalitats que escapen a la comptabilitat econòmica.

Es pot reconciliar el divorci economia-ecologia? Molts autors defensen un nou enfocament per mitjà del concepte dels serveis dels ecosistemes, un concepte que neix de la biologia de la conservació. Eugène P. Odum plantejà que els ecosistemes no sols s'han de conservar per raons ètiques i estètiques sinó perquè formen la base del funcionament de la societat humana. Darrerament s'han desenvolupat tot d'eines entorn del concepte de serveis ecosistèmics per tal de donar preu (valor monetari) als serveis ambientals no valorats per l'economia. Aquestes idees han transcendit el pla acadèmic i s'han incorporat a la presa de decisions polítiques. Per exemple, si a un bosc se li adjudicava un valor zero amb l'economia convencional, ara es comptabilitzaran

els serveis ambientals del bosc (sequestre de CO<sub>2</sub>, conservació de la diversitat, regulació hídrica) i per tant, se li assignarà al bosc un valor econòmic.

El marc conceptual bàsic dels serveis ambientals rau en analitzar els vincles entre els serveis ambientals i el benestar humà. L'avaluació del Mil·lenni impulsada per les Nacions Unides considera quatre categories de serveis ambientals: 1) aprovisionament (menjar, aigua, fusta, medicines), 2) serveis de regulació (regulació climàtica, hídrica, pol·linització i control de l'erosió), 3) serveis culturals (turisme, recreació, vistes, espiritualitat), i 4) serveis de suport i hàbitat, responsables del manteniment de tots els altres serveis (MA, 2005).

L'avaluació d'ecosistemes del Mil·lenni a l'any 2005 va mostrar que el 66% dels grans serveis ambientals planetaris s'estan deteriorant en els darrers 50 anys. L'any 2007 es va veure que no s'assolirien els objectius plantejats a la convenció per a la biodiversitat en l'any 2010 i es produí un gir per incloure els valors monetaris impulsat pel projecte "L'Economia dels Ecosistemes i la Biodiversitat" (TEEB, 2010). La raó d'aquest gir és incorporar el llenguatge que entén la societat de mercat actual per prendre les decisions. En les societats de mercat les decisions sovint es prenen amb una va-

loració cost-benefici. Per exemple, en l'anàlisi de cost benefici de la cria de gambeta (camarón) en els manglars. Els polítics han de decidir si convertir un manglar en una granja de gambetes, i si es basen en l'economia convencional, només veuen el benefici del producte obtingut; però si també tenen en compte les externalitats, llavors poden veure tota una sèrie de connexions sistèmiques (com per exemple, el valor dels manglars com a zona de cria de diferents espècies de peixos) i els serveis de protecció que ofereix el manglar enfront de catàstrofes naturals com els tsunamis. Incorporant aquest punt de vista, els beneficis de la preservació del manglar ja són clars. A més, la viabilitat econòmica dels manglars ha vingut suportada pels subsidis governamentals; altrament els beneficis serien molt menors. Així mateix, en aquesta lògica els empresaris obtenen beneficis però els costos econòmics i socials derivats de la contaminació i la degradació del manglar recauen en les comunitats locals i en els governs que els paguen amb els diners recaptats entre tota la població, socialitzant així els costos mentre que els beneficis resten només en les empreses.

Des de la perspectiva de l'economia dels ecosistemes i la biodiversitat es planteja que molts serveis ambientals no entren en la presa de decisi-

ons perquè no es valoren en termes monetaris. Els estudis recents plantegen que l'economia tradicional estimava erròniament els beneficis en no tenir en compte les externalitats, i això provocava el deteriorament dels ecosistemes.

Els serveis dels ecosistemes normalment no tenen preu; però vol dir això que no tinguin un valor? Tal com deia Antonio Machado *"todo necio confunde valor y precio"*.

En l'economia ecològica i ambiental s'ha arribat al consens de que cal donar una forma de reconeixement als valors que en la manera tradicional de comptabilitat eren invisibles. Com fer-ho? Com valorar la natura? Aquest debat dura des de fa segles. El fisiòcrates deien que tot el valor econòmic prové de la natura. Els economistes clàssics (Marx, Ricardo) creien que tot valor sorgeix del treball. Els neoclàssics i els economistes actuals consideren que tot valor sorgeix del concepte abstracte de "utilitat", mesurat per la quantitat de diners que la gent està disposada a pagar per un producte. Els bioeconomistes dels anys 1970 proposaren l'energia com a mesura del valor. Veiem, doncs, que no hi ha consens. La teoria del valor encara no està resolta.

Però ara ens ho mirarem amb més perspectiva, ja que les noves nar-



ratives economicistes estan creant noves lògiques que fan reflexionar sobre com conservar la natura. Una de les més controvertides, i la que vull qüestionar avui, és la nova lògica de conservar la naturalesa a través de la seva mercantilització. La mercantilització és l'expansió del mercat cap a àmbits prèviament no mercantilitzats, produint la conversió d'un element o procés ecològic en subjecte de compra-venda. Aquesta mercantilització suposa una modificació de les relacions del ser humà amb la natura que adopta la forma d'una transacció mercantil. També suposa una expansió de la frontera de la mercaderia cap a noves funcions dels ecosistemes. Suposa una modificació de les formes amb les que concebem i valorem la natura. La mercantilització dels serveis ecosistèmics realitza una expansió de la frontera dels preus cap a zones i funcions que abans quedaven fora del mercat.

Existeixen varies fases en les que es ve desenvolupant el procés de mercantilització. La primera fase es merament discursiva i consisteix en la conceptualització dels ecosistemes en termes utilitaris on es passa d'una perspectiva biocèntrica, que mirava les *funcions* dels ecosistemes independentment de que tinguin una utilitat pels homes, a una perspectiva antropocèntrica que mira als *serveis* dels ecosistemes que tenen una uti-

litat directa pels éssers humans. És un canvi teòric que permet obrir una caixa de Pandora on les noves lògiques que s'han produït difícilment es revertiran. La segona fase és la monetització: quan conceptualitzem una funció com a servei, reconeixem la seva utilitat pels humans. Però aquesta utilitat no significa que es pugui traslladar en termes de preu. Una publicació molt influent del 1997 mostrava que el valor no comptabilitzat (externalitat) era major que tot el PIB de l'economia global (Costanza et al. 1997). Aquesta publicació va tenir un gran impacte mediàtic i estengué la moda de valorar els serveis en termes monetaris. En relació a aquestes idees aniríem a la fase 3), la fase d'apropriació (que a vegades precedeix i a vegades segueix a la monetització), que es produeix quan els ecosistemes i els seus serveis que es venien usant lliurement, (generalment en lliure accés o en propietat pública o comunal), passen a ser propietat privada. Una obra molt important en aquest sentit és la famosa "Tragedy of commons" de Hardin (1968), que argumenta que tot el que no tingui uns drets de propietat definits es veu abocat a la sobreexplotació.

Per completar el procés de mercantilització fa falta una estructura institucional que permeti la compra-venda dels bens i serveis ecosistèmics al mercat. Aquí els serveis del ecosis-

temes passen a ser mercaderia. Això s'ha organitzat en els mercats de serveis ambientals, com per exemple, els mercats on es poden comprar i vendre tones de carboni per complir amb el protocol de Kyoto. Un altre exemple serien els pagaments per serveis ambientals, si bé en aquest cas la mercantilització es més discursiva que real, ja que en la pràctica pocs sistemes de pagaments per serveis ambientals funcionen com a mercats

Quina controvèrsia hi ha entorn a la mercantilització? La cultura anglosaxona sovint no ho troba qüestionable, però en altres ambients s'accepta més difícilment. El tema és on posar els límits de la mercantilització. De fet, alguns bens i serveis s'han mercantilitzat secularment (els aliments) sense que en fem escarafalls.

La controvèrsia sorgeix perquè: 1) quan nosaltres donem un valor monetari a una cosa hem de fer una abstracció de les seves qualitats físiques reals, de forma que donar valors monetaris als ecosistemes i la diversitat pot emascarar altres valors (per ex. simbòlics, espirituals, estètics...); 2) en l'aspecte pràctic, és complicat mercantilitzar una cosa que en la seva essència no era un bé privat, ja que, com en el cas del aire net, es difícil excloure a altres persones de la seva utilització; 3) en l'aspecte polític, es dóna sovint el cas que comunitats

pageses i indígenes que tenien accés a serveis comunals, ara en són desposseïts, el que genera un conflicte ecològic distributiu; i 4) en una qüestió ètica: on es ponen els límits de la mercantilització? Hi ha determinades coses que no es poden comprar i vendre. Si mirem la història veiem que totes les societats humanes han determinat que algunes coses no es podien mercantilitzar. Per exemple, la esclavitud, en el llenguatge econòmic era una manera eficient d'organitzar el sistema de treball, però arribà un moment en que es va abandonar per qüestions ètiques, de drets humans. Un altre exemple es l'abolició de la pràctica medieval de vendre cartes d'indulgència espiritual. Avui ja no es compren i venen cartes d'indulgència espiritual però sí que es venen cartes d'indulgència ambiental: els rics dels països desenvolupats poden comprar els drets de contaminació dels països pobres i escapolar-se de disminuir la pròpia contaminació.

La meua conclusió es que els mercats sempre han jugat un paper en l'economia i seguiran jugant-lo en la governança ambiental. Però cal pensar on posem els límits. S'ha de discutir políticament com volem gestionar-ho, on volem posar el límit de la mercantilització, quina part és regulada pel mercat i quina part volem que quedi fora, i per tant, sotmesa a altres regles de valoració no econò-

mica. Dit d'altra manera, la qüestió és quines "externalitats" ambientals han de ser internalitzades en els mercats i quines "internalitats" ambientals han de ser externalitzades dels mercats i sotmeses a altres lògiques de regulació, per exemple, regides per nocions de justícia ambiental.

Se'ns planteja que el deteriorament de la natura és produït per un mal funcionament dels mercats; i reaccionem davant els errors dels mercats creant nous mercats. No sembla una bona estratègia. Citant a Einstein: "no podem resoldre els problemes usant la mateixa manera de pensar que fèiem servir quan vam crear-los".

## Referències

Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, et al., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–260.

Diamond, J., 2004. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking Adult.

Hardin G., 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243–1248.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press.

Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin FS III, et al., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472–475.

Steffen, W., Crutzen, P. J., McNeill, J.R. 2007. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO*: 36:614–621.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. London: Earthscan.

# Contaminación radiactiva natural por radón

**Carmen Baixeras**

Departamento de Física de la UAB

La humanidad ha vivido en un ambiente radiactivo de origen natural desde su inicio. Una parte de esta radiación natural procede del espacio, llamada radiación cósmica, y otra parte de la corteza terrestre. En el siglo XX se descubrió la radiación artificial, que es producida por el hombre, y se utiliza en diversas actividades como medicina, industria y generación de energía, entre otras. Para la mayor parte de las personas la exposición a la radiación natural es superior a todas las debidas a fuentes artificiales, siendo el radón la principal fuente de radiación ambiental que representa el 50% de toda la radiación que afecta al ser humano a lo largo de su vida.

## ¿Qué es la radiactividad?

La materia está formada por átomos y moléculas que se unen para formar sólidos. Cada átomo está compuesto de un núcleo muy pequeño con carga eléctrica positiva, en donde está concentrada casi toda la masa, y de una nube de electrones con carga eléctrica negativa.

Hay núcleos atómicos que son inestables y de forma espontánea emiten partículas alfa que son núcleos de helio, partículas beta que pueden ser electrones o positrones y radiación gamma que es radiación electromagnética de alta energía, con liberación de energía. Este proceso es llamado radiactividad y fue descubierto por Henry Becquerel en 1896. Estos núcleos inestables se transforman en otros núcleos, que a su vez pueden ser radiactivos o estables.

Una característica importante de la radiación emitida es que no la podemos percibir con nuestros sentidos, pero si se puede detectar con precisión con equipos adecuados. Además, para cada tipo de radiación la penetración en la materia es diferente.

Las partículas alfa pueden ser paradas por una hoja de papel y, por tanto, no son peligrosas cuando las fuentes de radiación están en el exterior de nuestro

cuerpo, es lo que se llama irradiación externa. Pero si son muy peligrosas si la fuente se introduce en nuestro cuerpo, principalmente por inhalación o ingestión, y se llama irradiación interna o contaminación.

Las partículas beta tienen cientos de veces más poder de penetración que las partículas alfa, una hoja de aluminio las detiene y sólo penetran alrededor de un centímetro en el cuerpo humano, por lo que pueden producir irradiación externa e interna con un riesgo medio.

Los rayos gamma tienen mucho mayor poder de penetración que las partículas alfa o beta, se suele utilizar hormigón grueso o láminas de plomo para protegerse de este tipo de radiación. El riesgo asociado a este tipo de radiación es de irradiación externa. En la figura 1 se presenta un

esquema de cuanto penetra la radiación alfa, beta y gamma en la materia.

La desintegración de un núcleo radiactivo es un proceso espontáneo o aleatorio y es imposible predecir cuando el núcleo de un átomo radiactivo se transmutará. Sin embargo, se observado que existe una probabilidad de que un núcleo se desintegre en un segundo, esta probabilidad se denomina constante de desintegración radiactiva. Además, esta constante se caracteriza por ser la misma para todos los núcleos de una misma especie, no existe en la naturaleza dos especies nucleares con la misma probabilidad y permanece constante en el tiempo.

Para cuantificar las radiaciones ionizantes se han establecido una serie de magnitudes y sus unidades correspondientes:

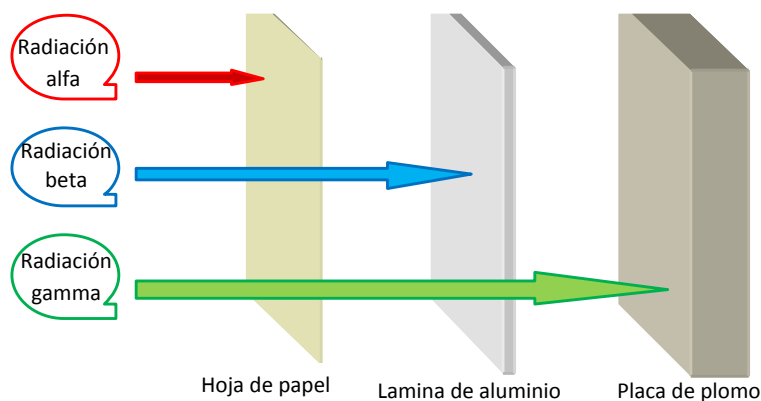


Figura 1. Penetración de la radiación alfa, beta y gamma en la materia

- **Actividad:** es una magnitud que determina la capacidad de los átomos para emitir un determinado tipo de radiaciones ionizantes. Su unidad es el Becquerelio (Bq) que se define como una desintegración por segundo.

- **Dosis absorbida de un órgano:** es la magnitud que determina la energía media absorbida en un órgano por unidad de masa debida a la radiación que incide sobre él. Su unidad se llama Gray (1 Gy = 1 julio de energía absorbido por kilogramo de material).

La dosis absorbida es insuficiente para expresar el efecto biológico que produce la radiación, ya que este depende de las características de la radiación y del tejido expuesto a la misma. Por ello, se han introducido dos nuevas magnitudes:

- **Dosis equivalente:** es la dosis absorbida en un órgano o tejido, ponderada

en función del tipo y calidad de la radiación. Su unidad es el Sievert (Sv).

- **Dosis efectiva:** es la suma ponderada de las dosis equivalentes en los distintos órganos y tejidos del cuerpo a causa de las irradiaciones internas y externas. Su unidad es también el Sievert (Sv).

En la figura 2 se dan algunos valores medios mundiales de la dosis de radiación que se recibe en la vida cotidiana, como puede ser la radiación natural ambiental (2,4 mSv), cuando se realiza un vuelo intercontinental (0,2 mSv) o un escáner (7 mSv). También, se indica que por debajo de 200 mSv no se han observado efectos clínicos. Además, La probabilidad de que las radiaciones tanto de origen natural como artificial puedan causar daño en los seres vivos aumenta al aumentar la intensidad recibida.

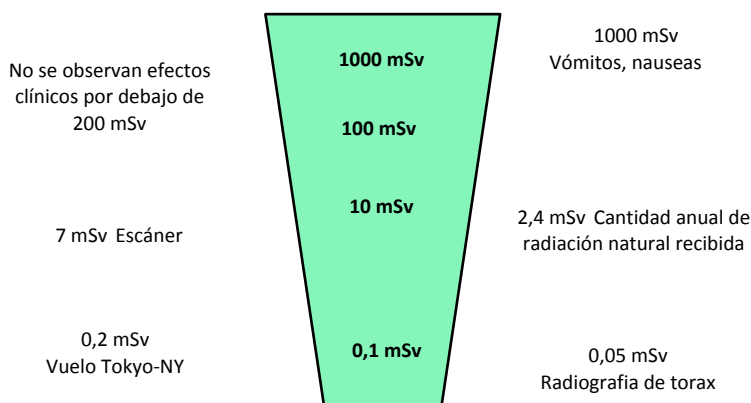


Figura 2. Niveles de radón.

## ¿Qué es el radón?

El radón es un gas noble radiactivo, inodoro, incoloro, insípido y soluble en agua que se genera a partir de la desintegración del radio que existe en la naturaleza y al desintegrarse emite partículas alfa. Sus descendientes radiactivos de vida media corta son metales pesados químicamente activos que se pueden adherir a los aerosoles, permanecer libres en el aire o depositarse sobre las superficies. Los descendientes del radón también emiten partículas alfa al desintegrarse, por tanto el riesgo del

radón y sus descendientes es de irradiación interna.

El radón se presenta en la naturaleza principalmente en la fase gaseosa, por lo que, las personas están principalmente expuestas al radón y sus descendientes a través de la respiración de aire. El principal efecto adverso derivado de la inhalación de radón y de sus productos de desintegración es el riesgo de padecer cáncer de pulmón como consecuencia de la irradiación que las partículas alfa producen en las células del sistema respiratorio.

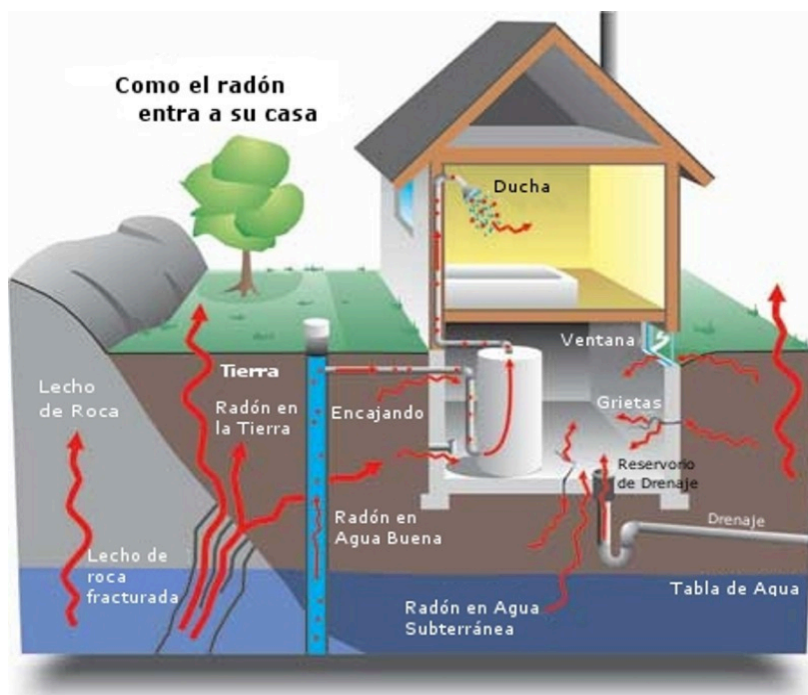


Figura 3. Formas de entrada del radón en una casa

El gas radón generado en el suelo puede viajar a través de fisuras y grietas e incorporarse a la atmósfera, al agua o al gas natural. La concentración de radón en espacios abiertos es normalmente baja, debido a la difusión que experimenta el gas en la atmósfera. Sin embargo, en recintos cerrados, tales como viviendas, las concentraciones pueden llegar a ser muy elevadas en función del contenido en uranio y radio del suelo y de los materiales de construcción, así como de la procedencia del agua utilizada, de otros parámetros que influyen en el transporte y acumulación del radón y de la ventilación. El transporte de radón se produce por difusión de las concentraciones altas de radón hacia las bajas o por las diferencias de presión existentes entre el suelo y el edificio.

En la figura 3 se muestra el esquema de una casa en el que se indica cómo puede penetrar el radón en la misma, principalmente a través de pequeñas fisuras en el suelo o materiales de construcción, juntas, espacios al-

rededor de canalizaciones, agua o intercambio de aire con el exterior.

Entre las principales causas de que una vivienda llegue a tener elevadas concentraciones de radón se encuentra que el terreno donde se ha construido o los materiales de construcción tengan un alto contenido en radio y que por mejorar el ahorro energético se aisle la casa del exterior.

Los valores medios mundiales de la concentración de radón en viviendas, dado por el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica, están comprendidos entre 30 y 70 Bq/m<sup>3</sup>, el valor medido en el estado español es 41 Bq/m<sup>3</sup>.

Diferentes organismos internacionales o europeos dan recomendaciones sobre los valores de la concentración de radón a partir de las cuales deberían adoptarse medidas de protección. Estos valores de referencia de niveles de radón para el aire que respiramos y para el agua que bebemos se muestran en la tabla 1.

	<b>Comisión Internacional de Protección Radiológica</b>	<b>Organización Mundial de la Salud</b>	<b>Unión Europea</b>
Viviendas (aire)	300 Bq/m <sup>3</sup>	100 Bq/m <sup>3</sup> (<300 Bq/m <sup>3</sup> )	300 Bq/m <sup>3</sup>
Agua	100 Bq/l	100 Bq/l	100 Bq/l

Tabla 1. Niveles de referencia de la concentración de radón



La Organización Mundial de la Salud aconseja que se mantenga el nivel de radón por debajo de  $100 \text{ Bq/m}^3$ , pero si no fuese posible que no se supere un nivel de  $300 \text{ Bq/m}^3$ .

Puesto que la radiación alfa emitida por el radón y sus descendientes no puede notarse con nuestros sentidos hay que medirla con equipos adecuados. Las medidas de la concentración de radón se pueden hacer de forma continua durante un periodo de tiempo para tener información sobre su valor en el momento de la medida. También, se pueden promediar las medidas durante un periodo de tiempo largo para obtener la concentración media de radón.

Los detectores llamados activos están diseñados para determinar el

#### La concentración de radón en un despacho durante 4 días

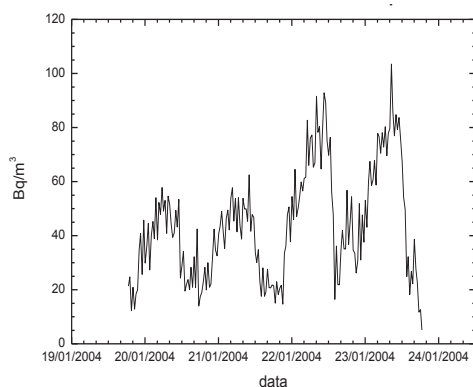


Figura 4. Variaciones diurnas de los niveles de radón.

nivel de radón de forma continua, lo que permite obtener información sobre las variaciones temporales de la concentración de radón. En la figura 4 se observa las variaciones diurnas de la concentración de radón medidas durante cuatro días, el nivel aumenta durante la noche y, además, el valor máximo puede cambiar diariamente.

Para determinar la concentración de radón a lo largo de un periodo de tiempo largo (varios meses) se emplean detectores de trazas (plástico). En la figura 5a se muestran las partes de que consta el dosímetro utilizado en la UAB, se señala el detector plástico. En la figura 5b se ven las

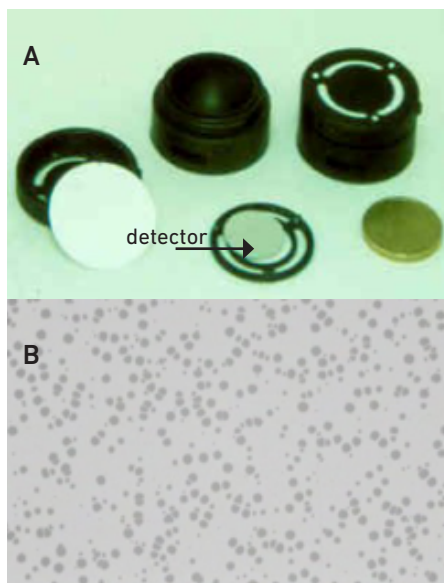


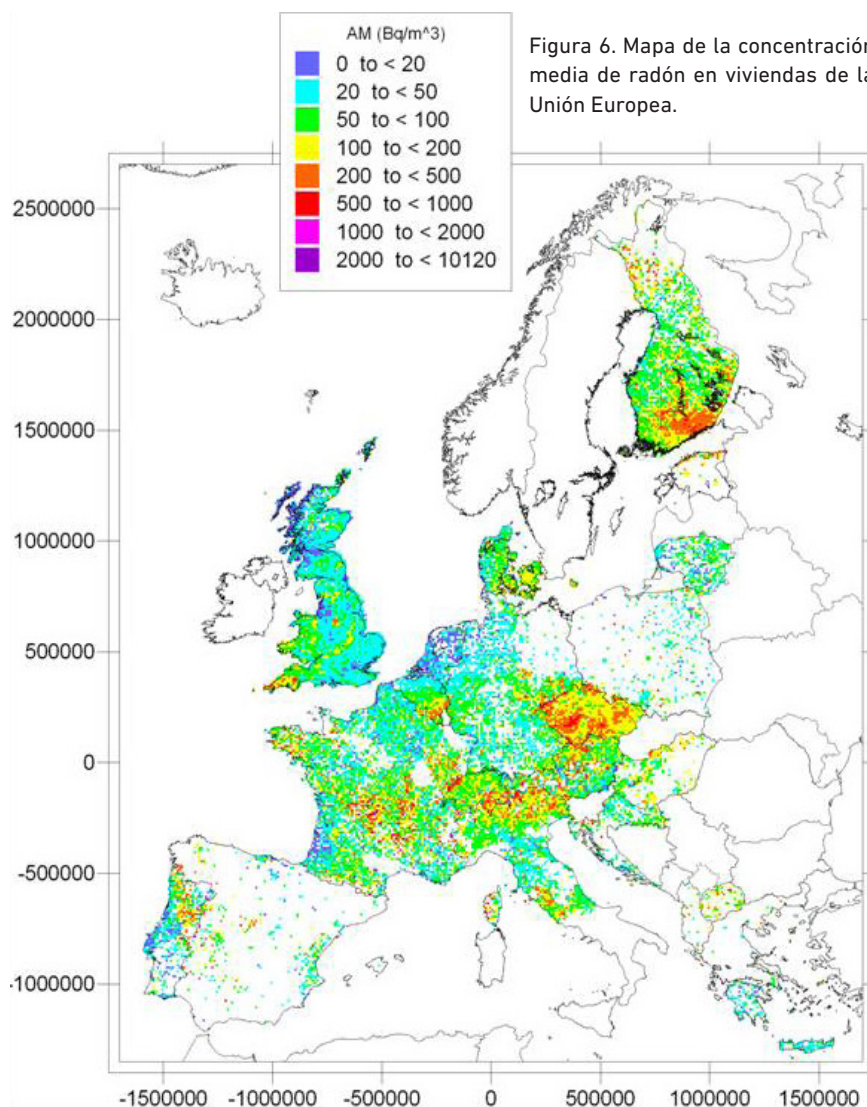
Figura 5. a) Dosímetro de radón, b) aspecto del detector plástico después del revelado electroquímico.

trazas que dejan las partículas alfa, después del revelado electroquímico, en el detector plástico.

## Mapa de niveles de radón

La importancia de medir el radón radica en que es la contribución más

importante al impacto radiológico en el hombre debido a la radiación de origen natural. Por ello, la Unión Europea consideró que era necesario disponer de un mapa de la concentración de radón en viviendas. El diseño de la campaña de medida se hizo con la intención de determinar



el potencial de exposición al radón y localizar áreas con altas concentraciones de radón. Con este fin se decidió medir en pisos bajos cercanos al suelo dividiendo el mapa europeo en cuadrículas de 10 km x 10 km.

En la figura 6 se han representado los valores medios de la concentración de radón de viviendas de la Unión Europea, este mapa se publicó en 2009, las medidas se realizaron con detectores plásticos de trazas. Como puede observarse, algunos países han realizado campañas extensas de medidas, como Reino Unido o la Republica Checa, pero otras como es el caso de España necesitaban aumentar los datos y les fue solicitado que hiciesen más medidas.

A fin de cumplir con la recomendación europea el Consejo de Seguridad Nuclear inició en 2009 el proyecto llamado “Radón 10x10” para medir

en 8000 viviendas del estado español, de las cuales 551 correspondían a Catalunya. Se dividió el territorio en cuadrículas de 10 km x 10 km, a cada cuadrícula se le asoció un código y el número de medidas a hacer en cada cuadrícula variaba en función de la densidad de población y del riesgo potencial de radón, como mínimo se hacía una medida en cada cuadrícula.

En las viviendas se hicieron las medidas en zonas habitadas, ya que lo que se quería controlar era la exposición a radón de la población. La Unitat de Física de les Radiacions de la Universitat Autònoma de Barcelona participó en el proyecto “Radón 10x10” realizando las medidas en viviendas catalanas.

En la tabla 2 se dan los valores medios anuales de la concentración de radón medidos en viviendas europeas, el número de habitantes y el nú-

	Población (millones)	Medidas realizadas	Valores medios anuales (Bq m <sup>-3</sup> )
Austria	8.2	16.000	97
<b>Catalunya</b>	<b>7.5</b>	<b>470</b>	<b>68</b>
Dinamarca	5.4	3.120	53
Francia	60.7	12.261	63
Irlanda	4	11.319	89
Reino Unido	60.4	450.000	20
Republica Checa	10.2	150.000	140

Tabla 2. Valores medios anuales de la concentración de radón en viviendas europeas.

mero de medidas realizadas. Hay que resaltar que el país donde el valor es más elevado es la República Checa y el valor más bajo en el Reino Unido, estos valores han sido obtenidos con una buena estadística en ambos casos. Por otro lado, en Catalunya no se supera el valor medio mundial, aunque si comparamos el número de medidas por habitante realizadas con los efectuados en otros países, queda claro que hay que aumentar considerablemente la estadística actual.

## Reducción de los niveles de radón en viviendas

La concentración de radón en las viviendas puede reducirse por varios métodos entre ellos puede destacarse los que se enumeran a continuación:

- mejorar la ventilación de la casa con el exterior,
- evitar que el radón se filtre desde el sótano hasta las habitaciones poniendo barreras arquitectónicas,
- aumentar la ventilación en los cimientos de la casa,
- instalar en el sótano una bomba extractora de radón,
- sellar grietas y juntas en los pisos y paredes,

La aplicación de estos métodos de mitigación se realizará para reducir los valores de la concentración de ra-

dón en aquellos edificios que tengan niveles por encima de los recomendados. Por otro lado, no se olvidará que la protección contra el radón debe ser un factor a considerar cuando se construyan casas nuevas.

Hay que tener en cuenta que simples sistemas de mitigación pasiva, como abrir la ventana para ventilar, permiten reducir hasta en 50% la concentración de radón en interiores. Se logran reducciones mayores extrayendo este gas con ventiladores.

Para ilustrar la influencia de la ventilación se ha representado en la figura 7 las medidas de la concentración de radón en continuo durante quince días en un despacho. Durante el fin de semana la habitación permanece cerrada y el nivel de radón aumenta hasta valores próximos a 2000 Bq/m<sup>3</sup>. El lunes cuando se inicia el trabajo y se ventila la habitación el nivel de radón desciende rápidamente a valores del orden de 100 Bq/m<sup>3</sup> y aumenta más lentamente por la noche cuando permanece cerrado. Este patrón se repite a lo largo de la semana, aunque pueda haber pequeñas variaciones debido a otras causas. Así pues, cuando el personal estaba en el despacho los valores medios de la concentración de radón no superaban los niveles de referencia dados en la tabla 1 y se puede considerar que el riesgo debido al radón es asumible.

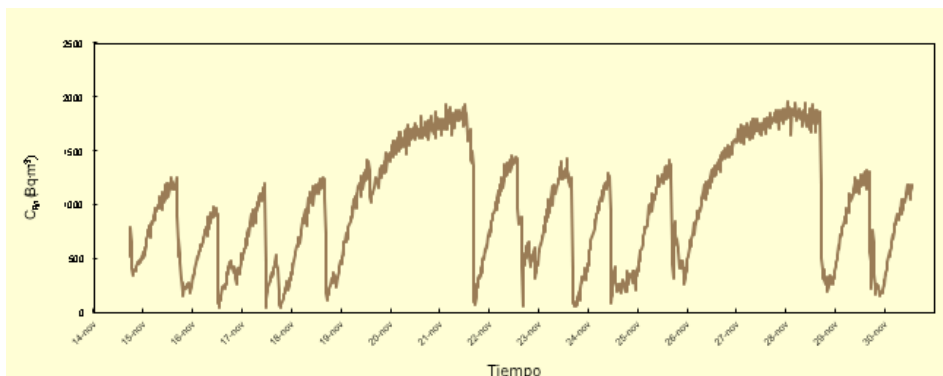


Figura 7. Disminución de la concentración de radón debida a la ventilación.

El utilizar técnicas de construcción con resistencia al radón puede ser un método efectivo para prevenir que el radón entre en las casas. Cuando técnicas simples y de bajo costo, como instalar bombas extractoras del radón en subterráneo, se aplican apropiadamente pueden reducir el nivel de radón en los hogares. Además, si estos métodos se realizan en el momento de la construcción será más fácil y menos costoso disminuir el nivel de radón.

Como conclusión se puede decir que se debe controlar el radón en las vivi-

endas utilizando métodos de medida apropiados y reduciendo la concentración de radón si superara los valores recomendados. Existen métodos sencillos para disminuir los niveles de radón tales como la ventilación de la casa abriendo puertas y ventanas. Si este método no fuese suficiente se pueden aplicar otros métodos de mitigación baratos, como la extracción natural o forzada del radón del suelo. También se debe tener en cuenta que los materiales de construcción deben tener un bajo contenido en radio y que una pintura adecuada puede frenar la entrada de radón.

